

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



“ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS DE TIPO AMBIENTAL GENERADOS  
EN CONSTRUCCIONES DE TÚNELES VIALES”

REALIZADO POR:

Patricia J. Fermín H.

Mario R. Zabala T.

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO ANTE LA UNIVERSIDAD DE  
ORIENTE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

BARCELONA, OCTUBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



“ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS DE TIPO AMBIENTAL GENERADOS  
EN CONSTRUCCIONES DE TÚNELES VIALES”

ASESOR:

---

Prof. Hidalgo, Esteban

BARCELONA, OCTUBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



“ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS DE TIPO AMBIENTAL GENERADOS  
EN CONSTRUCCIONES DE TÚNELES VIALES”

JURADO:

---

Prof. Sebastiani, Belkis

Jurado Principal

---

Prof. González, Luís

Jurado Principal

---

Prof. Montejo, Enrique

Jurado Principal

BARCELONA, OCTUBRE DE 2008

## **RESOLUCIÓN**

De acuerdo al Artículo 44 del Reglamento de Trabajo de Grado.

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad y sólo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”.

## **DEDICATORIA**

Le doy gracias a Dios Todopoderoso, a la Virgen Milagrosa y a San Miguel Arcángel, quienes siempre han acompañado mi camino y el de mi mamá, protegiendo y guiando nuestros pasos con su divina luz.

A ti Mami, por ser como eres, por que lo que soy te lo debo a ti, a cada palabra de aliento o llamada de atención, por que sin tu ejemplo no estaría aquí cumpliendo mis sueños, por que tu fuerza y tu amor me han dirigido por la vida. A ti Papi por todo tu apoyo, por tu paciencia, tus consejos y tu amor protector, por que si el concepto de respeto nació en mi mente fue por tenerte a ti en mi vida. A ustedes, que han esperado y deseado esto tanto como yo, a ustedes a quienes quiero premiar con mi esfuerzo... sólo les puedo decir "Este triunfo y este momento es suyo... Los amo".

Patricia José.

## DEDICATORIA

Mi vida, sueños, metas, aciertos y desaciertos; son el resultado de la constancia, paciencia y voluntad con las que DIOS, Nuestro Señor me ha bendecido; a Él dedico este triunfo, este sueño hecho realidad.

Crecer y aprender con ellos, ha sido la experiencia más enriquecedora que me ha sido permitida vivir. A su lado he tenido una vida llena de afirmaciones y negaciones, de avances y reveses; una vida juntos superando las adversidades, sobreponiéndonos y aprendiendo de los errores. Papá, Mamá; es por ustedes y para ustedes este logro; y sólo les puedo decir : “Nunca es tarde cuando la dicha llega”. Gracias por todo su amor, confianza, apoyo y comprensión. Los amo.

A mis queridos hermanos Yennifer y Junior, por su paciencia para conmigo. A mis sobrinos Said Daniel y Mi gorda bella Nathalia Paola; desde que llegaron a mi vida y la de nuestra familia han sido la bendición, luz y alegría de nuestro día a día. Ustedes todos, son mi motor y motivo de superación. Los amo.

A la memoria de mis abuelos, a quienes no he podido dejar de extrañar desde que partieron de nuestro lado, por haber sido el ejemplo mas hermoso de amor, bondad, perseverancia y unión. Siempre están presente en mi corazón y pensamientos. Los quiero y extraño mucho!

Mario Ricardo.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme salud, paciencia y fortaleza para lograr mis metas...  
Por llenar mi vida de amor.

A mis padres por darme la oportunidad y el apoyo para mi educación,  
por no dudar en que lo iba a lograr... Por llevar a esta negrita por el camino  
que es... A ustedes gracias por que supieron ser la mejor mamá y el mejor  
papá del mundo.

A mis bellas Lisa y Preciosa que en mis peores momentos de angustia,  
stress o tristeza han sabido siempre como sacarme una sonrisa... y a todos  
los que ya no están y que en su momento también lo hicieron... a mi Oneall y  
mí Oso.

A mi hermano Javier, por todo tu cariño y por ser "mi hermano  
siempre"... Te quiero mucho More

A mis abuelas Daría y Gregoria por quererme tanto y darme su cariño.

A mi abuelo Marcos que desde que nací me dio todo su amor y cariño,  
por cuidarme desde muy pequeña y por los cuentos en tu regazo que  
siempre extraño, se que ahorita desde el cielo me sigues cuidando  
"Gracias... te quiero mucho abuelo"

A mis primos Jiover y Diomar por estar allí para ayudarme cada vez que  
los fastidié y por todos los momentos gratos en familia que hemos  
compartido "Gracias por estar allí"

A ti Dollys mi amiga de siempre... Por brindarme esta linda amistad, por compartir juntas muchas alegrías y pocas tristezas. “Gracias Manis”

A mis “amiguis!!” Dácil, Sabrina y Yesmy que desde que nos conocimos en el transcurso de esta carrera juntas del alguna manera u otra nos hemos apoyado, compartiendo momentos de estudio, momentos muy felices y otros no tan felices... “Las quiero mucho muchachas”

A todas mis tías bellas y mis tíos por que sé que están orgullosos de mi, por su cariño... En especial a mi tía Josefina por cuidarme cuando estuve lejos de mami, gracias por ser en ese momento junto a mi abuelo, mis ángeles.

A todos mis primos por estar siempre pendientes de mí, por todo su cariño y afecto, en especial a ti Caro por tu tiempo... “Los quiero mucho pris”

A ti Aslevis, compañera y amiga de mami, por compartir tus conocimientos conmigo y ayudarme cuando lo necesité.

A todos los profesores de la Universidad de Oriente, por impartirnos sus conocimientos y todo su esfuerzo por formarnos como profesionales éticos.

A mis compañeros de los cursos especiales de grado, en especial a Yole y Desi por que compartimos gratos momentos al final de esta carrera... “Juntos lo logramos”

A mi compañero y ahora buen amigo Mario, por que juntos hicimos posible este trabajo con voluntad y dedicación... por que se que puedo contar contigo... “Gracias por todo”



A ti Mily por ser buena amiga... por estar allí... Gracias.

Patricia José.

## AGRADECIMIENTO

Padre Celestial, gracias por haberme dado la oportunidad de lograr esta meta, que más que nada, este momento es un sueño hecho realidad.

Papá, Mamá; gracias por ser los padres que siempre han sido, sin ustedes, sin su apoyo y amor hoy no estaría donde estoy. Nunca terminaré de agradecerles por haberme ofrecido la oportunidad de lograr este, nuestro sueño!

Hermanos, este triunfo es también de ustedes. Gracias por estar siempre a mi lado. A ti Yennifer por permitirme tener a ese par de bellos sobrinos; Said y Nathalia, quienes son una de las razones por las que siempre pienso en grande. Te quiero hermana. A ti Junior por ser mí más grande reto. Te quiero!

En el transcurso de mi vida y estudios siempre he contado con el apoyo incondicional de mi familia. Deliz (Yeya), gracias por siempre orientarme, apoyarme en todas las formas que has podido y cuando lo he necesitado; Eliccilia (Chila), por estar siempre que te he necesitado; Omaira, por ser siempre esa persona que sabe escuchar cuando necesito hablar; Maritza, por tu apoyo, y por esa entusiasmo que siempre me has transmitido. A ustedes mis Tías bellas, gracias por quererme tanto y demostrarlo siempre. Las quiero Mucho!

A ustedes tíos; Justino (Vivino), Felipe (Pepe) e Inca, por que de al igual que mis tías, siempre me han brindado su apoyo. A mis padrinos Héctor (Nené), Francisco (Cisco) y los tíos Wilfredo (Ñaña), Alba, Betty y Alexis. Gracias por permitirme contar con ustedes siempre!

Javier, Marycruz, Francis, Franklin, Elenitza, Denessy, Ilein, Elianny, Wilfredo, Maritzita; Alexander, Mariangel. Ustedes primos; a quienes tanto quiero, por estar siempre pendientes y preocuparse por mí. Gracias, los quiero!

A mis amigos y compañeros de clases: Mariutzy, Rosa, Nelson, José, José Manuel, Yolexci (te admiro y aprecio muchísimo), y por supuesto a ti Elimar Carolina, por que desde que nos conocimos, me diste muchos ánimos para terminar esta carrera. Con ustedes viví la mejor de las experiencias que un estudiante desearía recordar. Gracias!

A la Universidad de Oriente, por brindarme esta oportunidad y permitirme alcanzar esta meta. A cada uno de los profesores de la escuela de Ingeniería Civil, de quienes tuve la oportunidad de aprender y adquirir parte de sus conocimientos. Gracias!

Mauris (moles), Ángela, Ángel, Omar, Sr. Nelson, Sra. Coromoto, gracias por su amistad incondicional. Gracias por ser tan buenos amigos!

Gracias Patricia (ferlich), por haberme brindado tu confianza y amistad. Tu entereza, decisión y voluntad, nos permitió formar buen equipo en este proyecto. Siempre vas a ser alguien especial para mí. Lo logramos Patricia!

A ustedes muchachos, compañeros de los Cursos Especiales de Grado. Esta etapa fue una agradable experiencia. Lo logramos!

Gracias a todos los que de una u otra forma colaboraron conmigo en la culminación de esta etapa, en el logro de esta meta. Mil Gracias!!

Mario Ricardo.

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es Analizar los Impactos de Tipo Ambiental Generados en Construcciones de Túneles Viales. Se basó metodológicamente en un nivel documental. En consideración a esto se recolectó y estudió la información obtenida de fuentes impresas, electrónicas y/o audiovisuales. Como resultado se encontró que entre las principales afecciones ambientales, comunes a cualquier proceso constructivo, generados o inducidos por un proyecto de túnel vial, son los efectos sobre la fauna, la flora, el paisaje, el suelo, el agua, el aire así como las afectaciones sociales y sobre la salud. Luego de su identificación y descripción se consideró el hecho de que algunos son inevitables, sin embargo si se implementan de manera correcta medidas orientadas a su mitigación, muchos de los impactos adversos pueden ser reducidos. Por lo que se hace necesaria la inclusión de consideraciones ambientales en los proyectos de ingeniería de gran envergadura como el que nos compete, ligándola íntimamente a los otros aspectos de la preparación del proyecto para garantizar que cobre su debida importancia durante la toma de decisiones y no retrase innecesariamente el proceso del proyecto.

## CONTENIDO

RESOLUCIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN.....	xii
CONTENIDO.....	xiii
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1 ASPECTOS GENERALES.....	18
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.3 OBJETIVOS.....	21
1.3.1 Objetivo General.....	21
1.3.2 Objetivos Específicos.....	22
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	23
2.1 BASES TEÓRICAS. ....	23
2.1.1 Túnel Vial ....	23
2.1.2 Reseña Y Aplicaciones.....	24
2.2 AMBIENTE.....	27
2.2.1 Elementos Biológicos Del Ambiente.....	27
2.2.2 Elementos Físicos Del Ambiente.....	27
2.2.3 Medio Ambiente.....	28
2.2.4 Impacto.....	28
2.2.5 Clases De Impactos.....	29
2.2.6 Evaluación De Impacto.....	29
2.2.7 Impacto Ambiental.....	30
2.2.8 Clasificación De Los Impactos Ambientales.....	31
2.2.9 Gestión De Impacto Ambiental ....	31
2.2.10 Definición De Términos Básicos.....	32

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	34
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN. ....	34
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
CAPITULO IV. DESARROLLO.....	35
4.1 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.....	35
4.1.1 Tipos De Roca .....	36
4.1.2 El Problema De La Excavación En Roca:.....	38
4.1.3 Características Y Peligros De Los Distintos Tipos De Roca. .....	40
4.1.4 El Costo De La Excavación En Roca.....	41
4.1.5 Excavación Con Explosivos.....	42
4.1.6 Excavaciones Mecánicas Con Máquinas.....	42
4.1.6.1 Excavación Mecánica Con Máquinas Integrales No Presurizadas.....	43
4.1.6.2 Excavación Mecánica Con Máquinas Integrales Presurizadas.....	43
4.1.7 Sección Transversal De Un Túnel.....	43
4.1.7.1 Túneles De Pequeña Sección.....	44
4.1.7.2 Túneles De Sección 4 a 6 m <sup>2</sup> .....	44
4.1.7.3 Túneles De Sección 6 - 20 m <sup>2</sup> .....	46
4.1.7.4 Túneles De Mediana Sección.....	48
4.1.7.5 Túneles De Gran Sección. ....	51
4.1.8 Perforación O Barrenado.....	54
4.1.8.1 Maquinas Rotativas.....	55
4.1.8.2 Maquinas de Percusión.....	55
4.1.8.3 Perforadoras de Percusión.....	55
4.1.9 Barrenos. ....	56
4.1.9.1 Perforación de barrenos:.....	58
4.1.10 Carga Y Voladura:.....	60

4.1.10.1 Explosivos.....	60
4.1.10.2 Tipos De Dinamitas.....	62
4.1.11 Materiales Para Voladura.....	63
4.1.11.1 Mechas.....	64
4.1.12 Detonadores.....	64
4.1.12.1 Fulminantes Corrientes.....	64
4.1.12.2 Fulminantes o Estopines Eléctricos.....	65
4.1.13 Tipos De Estopines Eléctricos.....	65
4.1.13.1 Instantáneos.....	65
4.1.13.2 Milisegundos.....	65
Estos estopines son de retardo y tienen diferencias.....	65
4.1.13.3 Ordinarios De Tiempo.....	66
4.1.14 Cebos O Primarias.....	66
4.1.15 Entibación.....	66
4.1.15.1 Forma De Actuar De Una Entibación.....	67
4.1.16 Mecanismo De Las Maquinas Perforadoras Para Entibaciones.....	69
4.1.16.1 Componentes Fundamentales.....	69
4.1.16.2 Funcionamiento.....	69
4.1.17 Sistemas De Excavación.....	71
4.1.18 Apernado En Roca.....	72
4.1.19 Principio Sobre Apernado De Roca.....	73
4.2 IMPACTO AMBIENTAL GENERADO EN CONSTRUCCIONES DE TÚNELES VIALES.....	74
4.2.1 Afectaciones Ambientales Generadas Por Las Diferentes Fases De Los Proyectos De Infraestructura De Túneles Viales.....	75
4.2.1.1 Efectos Sobre La Fauna.....	75
4.2.1.2 Efectos Sobre La Flora.....	78
4.2.1.3 Efectos En El Paisaje.....	80

4.2.1.5 Efectos En El Agua.....	84
4.2.1.6 Afecciones Sobre El Componente Aire.....	85
4.2.1.7 Efecto Social Y Sobre La Salud.....	86
4.3 RECOMENDACIONES PARA DISMINUIR LOS IMPACTOS GENERADOS EN CONSTRUCCIONES DE TÚNELES VIALES.....	92
CAPITULO V. CONSIDERACIONES FINALES.....	98
5.1 CONSIDERACIONES FINALES.....	98
BIBLIOGRAFIA.....	101
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO .....	103



# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

Las infraestructuras viales a lo largo del tiempo se han construido como una necesidad de comunicar las diferentes regiones del mundo y los túneles han constituido una manera de acortar dichas distancias así como también, suburbanamente hablando, para resolver problemas de congestionamientos en el tránsito. Este tipo de infraestructuras genera importantes efectos adversos en los ámbitos social, económico y ambiental, sin embargo los impactos negativos de este último, no eran considerados hasta ahora, dado el estado de deterioro ambiental del planeta que ha hecho del tema ambiental una de las principales preocupaciones actuales de la humanidad, dimensionando así la verdadera importancia de evaluar los impactos ambientales negativos, derivados de las actividades realizadas en la ejecución de dichas obras.

Dada las características tan exigentes de dichas infraestructuras, su construcción se traduce en importantes impactos ecológicos trayendo consigo gravísimos efectos en múltiples direcciones. Es por ello que la perforación de túneles de grandes dimensiones, resulta un factor crítico tanto desde el punto de vista constructivo como medioambiental. El impacto proviene no sólo de la apertura de amplias bocas de acceso y de la creación de escombreras para verter los materiales extraídos sino también del grave efecto sobre las aguas subterráneas, a lo que se suma todos los impactos inherentes a la construcción de las vías de acceso al mismo, tanto en términos de la destrucción de bosques y coberturas vegetales naturales,

como de la presión excesiva ejercida sobre la fauna, los suelos, las aguas y el aire.

Debido a todo esto surge la necesidad de que se armonice los principales intereses entre las actividades del sector vial y la protección de los recursos naturales. Por ello el desarrollo de la presente investigación brindará una herramienta de soporte para permitir el enfoque de este tipo de proyectos de infraestructura vial, a una dimensión ambiental, fomentando de esta forma el empleo de prácticas ambientales que redundarán en una mejor gestión de las diferentes actividades en este tipo de proyectos.

### **1.1 Aspectos Generales**

Al planificar cualquier proyecto es indispensable determinar y tener en cuenta los efectos que puede tener éste sobre el medio ambiente y más aún examinarse con especial atención aquellos proyectos que típicamente conllevan grandes riesgos ecológicos.

Las acciones humanas, motivadas por la consecución de diversos fines, provocan efectos colaterales sobre el medio natural o social. Mientras los efectos perseguidos suelen ser positivos, al menos para quienes promueven la actuación, los efectos secundarios pueden ser positivos y, más a menudo, negativos.

La preocupación por los efectos de las acciones humanas surgió en el marco del movimiento conservacionista, en cuyo origen está la preocupación por la naturaleza salvaje, lo que ahora se distingue como medio natural.

Los impactos sobre el medio natural de las actividades o acciones humanas, potenciadas por el crecimiento demográfico y económico, suelen consistir en pérdida de biodiversidad, en forma de empobrecimiento de los ecosistemas, contracción de las áreas de distribución de las especies e incluso extinción de razas locales o especies enteras. La devastación de los ecosistemas produce la degradación o pérdida de lo que se llama sus servicios naturales.

El término impacto ambiental se utiliza en dos campos diferenciados, aunque relacionados entre sí: el ámbito científico-técnico y el jurídico-administrativo. El primero ha dado lugar al desarrollo de metodologías para la identificación y la valoración de los impactos ambientales, incluidas en el proceso que se conoce como Evaluación de Impacto Ambiental (EIA); el segundo ha producido toda una serie de normas y leyes que obligan a la declaración de Impacto ambiental y ofrecen la oportunidad, no siempre aprovechada, de que un determinado proyecto pueda ser modificado o rechazado debido a sus consecuencias ambientales. Este rechazo o modificación se produce a lo largo del procedimiento administrativo de la evaluación de impacto. Gracias a las evaluaciones de impacto, se estudian y predicen algunas de las consecuencias ambientales, esto es, los impactos que ocasiona una determinada acción, permitiendo evitarlas, atenuarlas o compensarlas.

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), es el proceso formal empleado para predecir las consecuencias ambientales de una propuesta o decisión legislativa, la implantación de políticas y programas o la puesta en marcha de proyectos de desarrollo. Se introdujo por primera vez en Estados Unidos en 1969 como requisito de la National Environmental Policy Act (ley nacional de políticas sobre el medio ambiente, comúnmente conocida como NEPA).

Desde entonces, un creciente número de países (incluida la Unión Europea) han adoptado la EIA, aprobando leyes y creando organismos para garantizar su implantación.

Para definir el marco y los posibles aspectos centrales de la evaluación de impacto ambiental, se hace necesario clasificar y examinar los efectos ambientales del proyecto planificado según su naturaleza, envergadura e importancia, utilizando para ello los documentos comúnmente disponibles y el material de trabajo pertinente. Podrán utilizarse los datos sobre la configuración y el marco general del proyecto, así como sobre la generación, difusión y deposición final de sustancias contaminantes, las intervenciones directas e indirectas en el ecosistema que contribuyan a modificar los ciclos de la materia y las alteraciones primarias y secundarias previsibles en la situación socioeconómica de los habitantes de la zona. Tomando como base esta información, se formularán los correspondientes términos de referencia para la evaluación de impacto ambiental.

## **1.2 Planteamiento Del Problema**

Las infraestructuras viales constituyen un tema clave y fundamental para el modelo de país que se desee alcanzar, siendo los túneles parte de esa red diversa y compleja que se incrementa cada día más.

A nivel mundial es visible la construcción de nuevas infraestructuras que permiten dar respuesta a las crecientes necesidades de transporte. Este incremento generalizado de la movilidad ha tenido su reflejo en muchos países inclusive en Venezuela, generando un aprovechamiento del espacio subterráneo cuyo uso supone una verdadera transformación, más bien un cambio, porque permite convertir un espacio “inútil” en un espacio “útil”.

Es por esto que muchas ciudades están apostando por las redes de metro como el sistema de transporte público, además, por ser más rápido, seguro y ecológico. Aunado a esto el crecimiento desmesurado de éstas ciudades amerita que estén conectadas y bien comunicadas por lo que en muchas ocasiones se hace necesaria la construcción de túneles entre ellas.

Actualmente existe una creciente tendencia en la construcción de túneles para unir dos espacios separados por una montaña en lugar de construir una carretera que la rodee, sin embargo en ocasiones son la única manera para conectar carreteras y ferrocarriles. Éstos además de requerir de una gran cantidad de recursos naturales y sociales, requieren de una considerable inversión económica; sin embargo se han convertido en una pieza clave para el modelo productivo y territorial de un país.

La construcción de una infraestructura vial de gran envergadura como son los túneles, genera efectos muy complejos los cuales a su vez interactúan conjuntamente entre sí, elevando la complejidad y magnitud de los impactos que se desprenden de dicha construcción. En éste sentido, la monografía tiene como propósito describir el impacto que produce la construcción de túneles viales en el ámbito ambiental, dado el efecto que podría tener el desarrollo de este tipo de proyectos, sobre el delicado equilibrio ecológico y ambiental.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Analizar los impactos de tipo ambiental generados en construcciones de túneles viales.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- 1.- Describir el proceso constructivo de túneles viales.
- 2.- Explicar el impacto ambiental generado en construcciones de túneles viales.
- 3.- Formular recomendaciones para disminuir los impactos generados en construcciones de túneles viales.

## **CAPITULO II.**

### **MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se describen los elementos que constituyen el marco teórico, se hace referencia a las bases teóricas que sustentan el tema en cuestión: Impactos de tipo ambiental originados en construcciones de túneles viales.

#### **2.1 Bases Teóricas**

La actividad del hombre ha construido galerías subterráneas o submarinas que sirven principalmente como vías de transporte (automóviles, trenes, agua, residuo, petróleo, gas). A lo largo del tiempo, los sistemas de excavación de túneles han mejorado la rapidez y la seguridad, evitando los problemas habituales de las mediciones, las inundaciones y el polvo. De esta manera se han excavado grandes obras como el túnel de Seikan (Japón), que compone el recorrido ferroviario de este tipo más largo del mundo (53,85 km); el del Canal de la Mancha, que traza una galería submarina de 50,4 km, la de mayor distancia construida; o el Yerba (Estados Unidos), que presenta el diámetro más grande con 23 m de ancho y 15 m de alto.

##### **2.1.1 Túnel Vial**

Los túneles viales son conductos subterráneos construidos con el propósito que el tránsito de vehículos pueda superar con mayor facilidad zonas de relieve especialmente abrupto. Son obras de uso público que normalmente disponen de un importante equipamiento complementario

destinado a garantizar la seguridad de los usuarios; tal es el caso de la ventilación forzada cuyo objetivo es mantener un aire higiénico y buena visibilidad que permita detectar eventuales obstáculos en la calzada.

Un túnel puede definirse como un tramo de la ruta contenido entre estructuras sólidas, donde el usuario tiene limitadas posibilidades de escape en caso de accidentes en su interior, y el aire que respira depende de un conjunto de factores propios, como su ubicación geográfica, geometría, equipamiento, suministro de energía, así como también del volumen y composición del tránsito, calidad de los vehículos, características de conducción y de la operación de las instalaciones.

### **2.1.2 Reseña Y Aplicaciones.**

Los objetivos y premisas señaladas, que guardan relación con los usuarios, deben complementarse con los requerimientos de seguridad para las cuadrillas de mantenimiento al interior del túnel. Por consiguiente, es absolutamente necesario que cada actividad sea minuciosamente programada y se realice, de preferencia, a las horas en que la interferencia sea menor; normalmente ello se logra actuando en los momentos de menor flujo de vehículos. Este requisito indica la importancia que tiene en la explotación de túneles disponer y manejar antecedentes estadísticos que permiten prever cuales serán los días y horas más adecuados para realizar las labores del mantenimiento.

En el país existen relativamente pocos túneles viales, los que se han ido materializando a lo largo de un periodo bastante extenso, de manera que tanto las técnicas de construcción aplicadas como el equipamiento



complementario con que han sido dotados son muy diferentes, lo que impide fijar normas o procedimientos de aplicación general.

\* MINERIA Y TRANSPORTE.

Los túneles se empezaron a construir en las minas y más tarde para simplificar el trazado de las carreteras y de las vías del metro y del ferrocarril. Con los métodos tradicionales se conseguían perforaciones por partes, mientras que los sistemas modernos excavan por completo todas las dimensiones necesarias para el túnel.

\* ORIENTACIÓN DEL TUNEL.

La excavación se emprende simultáneamente desde los dos extremos del túnel, por lo que deben coincidir en su trayecto. Para conseguir guiar la ejecución, se utilizan sistemas modernos como la guía laser o tradicionales (mediante teodolitos que miden ángulos horizontales o verticales.)

\* EXCAVACIÓN, VOLADURA Y SUJECIÓN.

Un túnel se abre excavando corredores en la roca por medio de taladradoras de aire comprimido que se montan sobre vehículos móviles. Luego, unas cargas explotan en los huecos o barrenos y unas cintas transportadoras retiran los fragmentos, mientras se construyen revestimientos de hormigón para sostener el túnel. Otra máquina de perforación es el topo, con un cabezal giratorio compuesto por vario discos.

#### \* TÚNELES URBANOS PARA LOS SERVICIO PÚBLICOS.

En las ciudades, el transporte de los trenes transcurre por túneles de una forma más habitual que en el resto de lugares. El trazado se excava por debajo de la superficie, con lo que resulta un medio muy rápido porque evita los atascos del tráfico. Además las estaciones urbanas se construyen muy próximas entre sí.

#### \* TRATAMIENTO DE REVESTIMIENTO.

El túnel se sostiene por medio del recubrimiento con una capa de hormigón, que conforma una superficie firme para apoyar la perforadora.

#### \* CONSTRUCCIÓN POR SECCIONES.

En el caso de los túneles sumergidos, los tubos se montan por tramos cortos dentro de una zanja excavada en el lecho del río o en el fondo del mar. Cada una de las secciones se sumerge, se une a la parte anterior y se fija mediante unas paredes gruesas de hormigón.

#### \* PROBLEMAS EN LOS TÚNELES.

En la construcción del túnel existe el riesgo de que el agua inunde el interior, molestando el trabajo, provocando derrumbes y dañando los equipos. Otro problema habitual proviene del polvo que producen las explosiones.

## **2.2 Ambiente**

El ambiente es el conjunto de elementos naturales y sociales que se relacionan estrechamente, en los cuales se desarrolla la vida de los organismos y está constituido por los seres biológicos y físicos. La flora, la fauna y los seres humanos representan los elementos biológicos que conforman el ambiente y actúan en estrecha relación necesitándose unos a otros.

### **2.2.1 Elementos Biológicos Del Ambiente**

Todas las especies vegetales proporcionan el oxígeno que necesario para respirar. La fauna está conformada por la totalidad de animales que pueblan la tierra, y constituye una base segura de alimentación que suministra proteínas y calorías. El ser humano es un integrante más del ambiente y le corresponde relacionarse con los otros elementos en términos de mutua dependencia y complementación, sin convertirse en único beneficiario de la naturaleza.

### **2.2.2 Elementos Físicos Del Ambiente**

Entre los elementos físicos que conforman el ambiente se encuentran: el aire, esencial para la vida en el planeta; el suelo, sistema estructurado y biológicamente activo que es parte primordial de los ecosistemas terrestres; el agua, fundamental para la existencia de la vida; y el clima.

### **2.2.3 Medio Ambiente**

Conocemos con este término al conjunto de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos) que integran la capa de la Tierra llamada biosfera.

También se entiende por medio ambiente o medioambiente al entorno que afecta y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o la sociedad en su conjunto. Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y un momento determinado, que influyen en la vida del ser humano y en las generaciones venideras. Es decir, no se trata sólo del espacio en el que se desarrolla la vida sino que también abarca seres vivos, objetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos, así como elementos tan intangibles como la cultura.

### **2.2.4 Impacto**

El término impacto proviene de la voz “impactus”, del latín tardío y no es más que los efectos muy intensos dejados en alguien o en algo por cualquier acción o suceso.

Asociándola al ámbito ambiental, se puede decir que es el conjunto de posibles efectos negativos sobre el medio ambiente de una modificación del entorno natural como consecuencia de alguna obra o actividad. De esta manera el término “impacto”, como expresión del efecto de una acción, se comenzó a utilizar en las investigaciones y otros trabajos sobre el medio ambiente. De hecho se hace evidente que en la mayoría de los conceptos, el impacto se refiere a cambios en el medio ambiente producidos por una determinada acción.

Al parecer la tarea de evaluar el impacto, constituye una gran dificultad para muchos proyectos y programas. Medir el impacto es concretamente, tratar de determinar lo que se ha alcanzado. Como se expuso anteriormente, el término impacto, como expresión del efecto de una acción, se comenzó a utilizar en las investigaciones y otros trabajos relacionados sobre el medio ambiente. Pero luego con el pasar del tiempo, el uso del término se amplió con otras acepciones y usos.

### **2.2.5 Clases De Impactos**

- \* Impactos sobre el medio natural
  
- \* Impacto ambiental a nivel mundial
  
- \* Impactos ambientales de la guerra
  
- \* Impactos sobre el medio social
  
- \* Impactos sobre el sector productivo

### **2.2.6 Evaluación De Impacto**

La evaluación del impacto es un tema ampliamente tratado a escala nacional e internacional. La evaluación del impacto ambiental comienza a realizarse a finales de la década de los años 1960 en los países desarrollados, como un proceso de análisis y prevención de impactos ambientales, ante la presión de grupos ambientalistas y de la población en general. Más tarde, se incorpora la evaluación del impacto social de los

proyectos como un concepto más amplio, que incluía no sólo el medio ambiente sino también a la comunidad.

De una forma u otra, la mayoría de los conceptos coinciden en contemplar la evaluación de impacto como la valoración de los resultados de la aplicación de una acción en un grupo, que indaga en todo tipo de efectos, tanto los buscados, de acuerdo con los objetivos de la acción, como otros no planificados.

### **2.2.7 Impacto Ambiental**

Por impacto ambiental se entiende el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. El concepto puede extenderse a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración del medio ambiente, debido a la acción antrópicas o a eventos naturales.

Dicho de otra manera, hay impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o alguno de los componentes del medio. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, una ley o una disposición administrativa con implicaciones ambientales.

El impacto de un proyecto sobre el medio ambiente es la diferencia entre la situación del medio ambiente futuro modificado, tal y como se manifestaría como consecuencia de la realización del proyecto, y la situación del medio ambiente futuro tal como habría evolucionado normalmente sin tal actuación, es decir, la alteración neta (positiva o negativa en la calidad de vida del ser humano) resultante de una actuación.

### **2.2.8 Clasificación De Los Impactos Ambientales**

Los impactos ambientales pueden ser clasificados por su efecto en el tiempo, en 4 grupos principales:

**Impacto Ambiental Irreversible:** Es aquel impacto cuya trascendencia en el medio, es de tal magnitud que es imposible revertirlo a su línea de base original. Ejemplo: Minerales a tajo abierto.

**Impacto Ambiental Temporal:** Es aquel impacto cuya magnitud no genera mayores consecuencias y permite al medio recuperarse en el corto plazo hacia su línea de base original.

**Impacto Ambiental Reversible:** El medio puede recuperarse a través del tiempo, ya sea a corto, mediano o largo plazo, no necesariamente restaurándose a la línea de base original.

**Impacto Ambiental Persistente:** Las acciones o sucesos practicados al medio ambiente son de influencia a largo plazo, y extensibles a través del tiempo. Ejemplo: Derrame o emanaciones de ciertos químicos peligrosos sobre algún biotopo.

### **2.2.9 Gestión De Impacto Ambiental**

La gestión de impacto ambiental pretende reducir al mínimo nuestras intrusiones en los diversos ecosistemas, elevar al máximo las posibilidades de supervivencia de todas las formas de vida, por muy pequeñas e insignificantes que resulten desde nuestro punto de vista, y no por una especie de magnanimidad por las criaturas más débiles, sino por verdadera

humildad intelectual, por reconocer que no sabemos realmente lo que la pérdida de cualquier especie viviente puede significar para el equilibrio biológico.

### **2.2.10 Definición De Términos Básicos**

Para permitir la comprensión de los impactos generados por la construcción de un túnel vial, se debe definir una serie de conceptos básicos:

**Factores Ambientales:** componentes del medio ambiente entre los cuales se desarrolla la vida en nuestro planeta. Son el soporte de toda la actividad humana.

**Impacto Ambiental:** alteración favorable o desfavorable sobre el medio o algunos de sus componentes.

**Flora:** se refiere al conjunto de plantas o especies vegetales que se pueden encontrar en una región geográfica, que son propias de un periodo geológico o que habitan en un ecosistema determinado.

**Fauna:** es el conjunto de especies animales que habitan en una región geográfica, que son propias de un período geológico o que se pueden encontrar en un ecosistema determinado.

**Aire:** Se denomina así a la mezcla de gases que constituye la atmósfera terrestre, sujetos alrededor de la Tierra por la fuerza de gravedad. El aire es particularmente delicado y está compuesto en proporciones ligeramente variables por sustancias tales como el nitrógeno (78%), oxígeno (21%), vapor de agua (variable entre 0-7%), ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y



algunos gases nobles como el criptón o el argón, es decir, 1% de otras sustancias.

**Suelo:** El suelo procede de la interacción de la litosfera y la atmósfera, y biosfera. Es un agregado de minerales no consolidados y de partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento, el agua y los procesos de desintegración orgánica. Es decir resulta de la descomposición de la roca madre, por factores climáticos y la acción de los seres vivos. Esto implica que el suelo tiene una fracción mineral y otra biológica.

**Agua:** es un compuesto químico cuya fórmula es  $H_2O$ ; contiene en su molécula un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno. A temperatura ambiente es un líquido insípido, inodoro e incoloro en cantidades pequeñas; en grandes cantidades, debido a la refracción de la luz al atravesarla, a nuestros ojos adquiere un color azul.

**Clima:** es el conjunto de los valores promedios de las condiciones atmosféricas que caracterizan una región. Estos valores promedio se obtienen con la recopilación de la información meteorológica durante un periodo de tiempo suficientemente largo. Según se refiera al mundo, a una zona o región, o a una localidad concreta se habla de clima global, zonal, regional o local (microclima), respectivamente.

## **CAPITULO III.**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Tipo De Investigación.**

El tipo de estudio es uno de los aspectos fundamentales para el desarrollo de toda investigación, tal como lo señala F.H. de Canales (1989): “Es el esquema general, o marco estratégico que le da a la unidad coherencia, secuencia y sentido práctico a todas las actividades que se emprende para buscar respuestas al problema y objeto planteado”. (pág. 134). De acuerdo al problema y a los objetivos planteados, esta investigación es de tipo documental. Es documental, porque la información requerida para abordar el tema, fue tomada estrictamente de materiales impresos y/o audiovisuales.

#### **3.2 Diseño De La Investigación**

En cuanto al diseño, se empleo el diseño bibliográfico, el cual es básico en toda investigación documental, ya que a través de la revisión del material documental de manera sistemática, se llega al análisis de diferentes fenómenos o la determinación de la relación entre las variables. La clasificación del material documental, abarca generalmente, fuentes escritas y audiovisuales.

## **CAPITULO IV.**

### **DESARROLLO**

#### **4.1 Procedimientos Constructivos**

Los elementos de un túnel son la bóveda, los hastiales y la solera. Todos estos elementos pueden ser construidos en una única etapa, con todo el espesor de hormigón y armaduras definitivas o en dos etapas. En este último caso, la primera etapa se ejecuta cerca del frente y tiene como función principal el sostenimiento del suelo en el corto plazo. La segunda etapa, de finalización, se ejecuta dentro de un túnel limpio y seco, y por lo tanto se aprecia un mayor nivel de calidad. Frecuentemente, el análisis estructural de un túnel, se efectúa tomando en cuenta únicamente el revestimiento de la segunda etapa.

Los métodos constructivos difieren en el orden en que se construyen los diferentes elementos del túnel y en cuantas etapas se divide cada uno.

Un túnel se presenta con frecuencia como una solución alternativa de otras a cielo abierto. La accidentada orografía a causa de grandes sistemas montañosos, ha dado origen a construcciones de túneles de carretera de razonables longitudes para poder enlazar en forma más expedita ciudades o lugares de importancia y facilitar los transportes más diversos. Además dado al notable crecimiento de las actividades económicas se ha hecho necesario estudiar nuevas alternativas de tránsito a las ya existentes, mejorando así los niveles de servicios de nuestros caminos.

Para seleccionar la mejor alternativa o solución es necesario proceder sistemáticamente; primero un estudio previo, que permita recomendar una solución (a veces varias) y el año óptimo de su puesta en servicio. Luego viene la etapa de anteproyecto de la o las soluciones recomendadas y por último el proyecto de la obra completa. A continuación se indican las fases que se deben considerar al construir un túnel:

- \* El objetivo de la obra subterránea
- \* La geometría del Proyecto: trazado y sección tipo
- \* La geología y geotecnia del macizo
- \* El sistema Constructivo
- \* La estructura resistente: el Cálculo
- \* Las instalaciones para la explotación

#### **4.1.1 Tipos De Roca**

- Rocas Ígneas: Son las que provienen del Magma Ígneo, que es una masa de roca fundida, formada de silicatos, gases y vapor de agua, y que se ubica en la zona más externa del manto y en la zona inferior de la corteza terrestre.

- Rocas Extrusivas o Lavas: Si salen a la superficie de la tierra en estado de fusión, y luego se enfrían rápidamente. Ejemplo: Basalto, Andesita, Oesidiana.

- Rocas Intrusivas: Si no alcanzan a llegar a la superficie de la tierra y se quedan en cavernas subterráneas. Ejemplo: Uranito, Diorita, Diabasa.

- Rocas hipabisales: Son aquellas que se forman en condiciones intermedias entre las intrusivas y las extrusivas.

- Rocas sedimentarias:

\* Sedimentaria clásicas: (Clasto = partícula). Proviene de rocas desintegradas arrastradas por ríos y depositadas en capas que son sometidas durante un considerable período de tiempo a elevadas temperaturas y presiones. Ejemplos: Areniscas, conglomerados, Brechas.

\* Sedimentarias químicas: Proviene del transporte de partes duras de organismos marinos mezclados con arena y arcillas, este transporte es provocado por las corrientes costeras. Ejemplos: Caliza, Dolomita, Sal, yeso.

Sedimentarias orgánicas: Están formadas por restos orgánicos. Ejemplos: Carbón, Diatomita.

- Rocas metamórficas: Proviene de un largo proceso de reclistalización de otras rocas, que se produce a altas temperaturas (entre 100 y 600 grados C) y altas presiones (miles de atmósferas), con un aumento de densidad. Las rocas metamórficas son rocas ígneas o sedimentarias que se han transformado mineralógica y estructuralmente por un proceso que se llama Metamorfismo.

Tipos de metamorfismos:

\* Metamorfismo de contacto: Se trata del metamorfismo inducido en las rocas por su cercanía a rocas ígneas intrusivas. Los cambios son mayores al acercarse al contacto, se habla de Aureola de contacto.

\* Metamorfismo regional: Se presenta en áreas extensas (miles de Km.2). Se estima que se debe a concentraciones periódicas de calor, ubicadas en profundidad, que suministraron la energía para causar este metamorfismo.

Clasificación de las rocas metamórficas:

\* Rocas Foliadas: (Foliación: estructura en láminas por agregación de cristales en capas). La foliación más o menos plana en la roca, se debe a la Esquistosidad, que es una estructura paralela de origen metamórfico. Ejemplos: pizarras, con esquistosidad plana perfecta, esquistos, (metamorfismo regional de conglomerados y areniscas).

\* Rocas no Foliadas: Al no ser Esquistosas, tienen como uniforme. Ejemplos: granulitas, corneánas, mármol.

#### **4.1.2 El Problema De La Excavación En Roca:**

Los medios necesarios para realizar una excavación varían con la naturaleza del terreno, que desde este punto de vista, se pueden clasificar en:

\* Terrenos sueltos

- \* Terrenos flojos
- \* Terrenos duros
- \* Terrenos de tránsito
- \* Roca blanda
- \* Roca dura
- \* Roca muy dura

#### Esquema de clasificación según el tipo de roca

<p>I Suelos sueltos a semicompactos</p>	<p>Arenas, gravas, limos, tierra vegetal, arcillas medias con humedad media, escombros de roca. Se usa maquinaria de media a baja potencia: topadores frontales, excavadora universal.</p>
<p>II Suelos compactos a roca blanda</p>	<p>Arcillas duras, arcilla esquistosa, marga (roca blanda calizo-arcillosa), masa de roca altamente fisurada o estratificada, roca blanda y roca fragmentada por el uso de explosivos. Terrenos que necesitan disgregación con un escarificador o arado. Se usa maquinaria de media a alta potencia (más de 80hp)</p>
<p>III Roca de dureza media</p>	<p>Roca caliza, pizarra, conglomerados y rocas medianamente estratificadas, rocas muy alteradas y minerales blandos. Se usan máquinas de más de 140 hp, siempre</p>

	se necesitará disgregación mediante explosivos de baja potencia o escarificadores pesados.
IV Roca dura	Rocas calizas duras o silíceas, rocas ígneas y metamórficas y masas de rocas poco alteradas, cuarcita y minerales de baja densidad Sólo pueden ser excavados por máquinas especiales para cada caso, se usan explosivos de media potencia.
V Roca muy dura	Rocas ígneas no alteradas como granito, diorita, diabasa, rocas metamórficas duras, minerales densos. Se necesitan máquinas especialmente diseñadas y el uso de explosivos de alta potencia.

#### 4.1.3 Características Y Peligros De Los Distintos Tipos De Roca.

- Caliza: Fácil de excavar; consumo reducido de explosivos y barrenos. Pueden encontrarse cavernas, a veces de grandes dimensiones, y manantiales de agua importantes. No suelen hallarse gases peligrosos.

- Arenisca: Fácil de excavar; consumo de explosivos normalmente menor que en la caliza; mayor consumo de barrenos. No suele presentar discontinuidades ni se encuentran grandes manantiales de agua.

- Pizarras: De excavación fácil; según su naturaleza y de la inclinación de los estratos, suele encontrarse poca agua, aunque a veces se presentan manantiales importantes cuando la capa freática está sobre la excavación. Las pizarras pueden ir asociadas al yeso y al carbón; en el caso del segundo,



puede existir el metano, gas explosivo muy peligroso; puede hallarse también el hidrógeno sulfurado, mortal, aunque en pequeñas cantidades.

- Rocas graníticas: Generalmente fáciles de excavar; no se necesita entibar y el revestimiento preciso es, normalmente, pequeño; el consumo medio de los explosivos es más del doble que en la arenisca normal; el de barrenos, depende de la naturaleza de la roca, que varía entre límites muy amplios; aunque, normalmente, las condiciones de esta roca son favorables, de vez en cuando pueden encontrarse manantiales de agua con grandes caudales.

- Rocas volcánicas: Las rocas volcánicas son costosas de barrenar y precisan importante consumo de explosivos; suelen encontrarse estratos de tobas descompuestas que dan lugar a grandes manantiales, como también gases peligrosos, tóxicos o explosivos.

#### **4.1.4 El Costo De La Excavación En Roca**

El costo de la excavación en roca varía ampliamente con sus características, la diferencia de metros lineales de barreno precisos para excavar un metro cúbico es muy grande , de unos tipos de rocas a otras; puede ser más del doble cuando la roca parte mal; como el rendimiento por hora de la perforación también varía ampliamente de 0.5 a 5 m. lineales, y el consumo de explosivos también es muy distinto, se comprende que la variación del coste de la excavación en roca pueda oscilar grandemente, según el tipo de roca, e incluso, dentro de la misma clase, entre que parta bien o mal, característica que depende del número o situación de los planos de rotura. Al fijar el precio de una excavación en roca, hay que proceder, por

tanto, con la máxima prudencia, y previo un reconocimiento cuidadoso del terreno.

#### **4.1.5 Excavación Con Explosivos**

Durante muchos años ha sido el método más empleado para excavar túneles en roca de dureza media o alta, hasta el punto de que se conoció también como Método Convencional de Excavación de Avance de Túneles. La excavación se hace en base a explosivos, su uso adecuado, en cuanto a calidad, cantidad y manejo es muy importante para el éxito de la voladura y seguridad del personal, generalmente se usa dinamita. La excavación mediante explosivo se compone de las siguientes operaciones:

- \* Perforación
  
- \* Carga de explosivo
  
- \* Disparo de la carga
  
- \* Saneamiento de los hastiales y bóveda
  
- \* Carga y transporte de escombros
  
- \* Replanteo de la nueva voladura.

#### **4.1.6 Excavaciones Mecánicas Con Máquinas**

Se consideran en este grupo las excavaciones que se avanzan con máquinas rozadoras; con excavadoras, generalmente hidráulica - brazo con

martillo pesado o con cuchara, sea de tipo frontal o retro-; con tractores y cargadoras (destrozadoras) e, incluso, con herramientas de mano, generalmente hidráulicas o eléctricas.

#### **4.1.6.1 Excavación Mecánica Con Máquinas Integrales No Presurizadas**

Esta excavación se realiza a sección completa empleando las máquinas integrales de primera generación o no presurizadas. Otro rasgo común es que, en general, la sección de excavación es circular.

#### **4.1.6.2 Excavación Mecánica Con Máquinas Integrales Presurizadas.**

La baja competencia del terreno suele asociarse a casos de alta inestabilidad y presencia de niveles freáticos a cota superior a la del túnel la primera solución aplicada a los escudos mecanizados abiertos para trabajar en estas condiciones fue la presurización total del Túnel.

#### **4.1.7 Sección Transversal De Un Túnel**

- \* Calzada bidireccional con pistas de 4m c/u.
- \* Veredas peatonales de 0,85 m. a cada lado.
- \* Canaletas de drenaje de filtraciones y derrame de líquidos.
- \* Gálibo útil vertical mínimo de 5m., en todas las pistas de circulación vehicular.
- \* Pendiente longitudinal mínima, la que permita un adecuado drenaje.

\* Zonas de aparcamiento en túneles de más de 1.000 m.

La figura muestra un esquema de la sección transversal de un túnel.

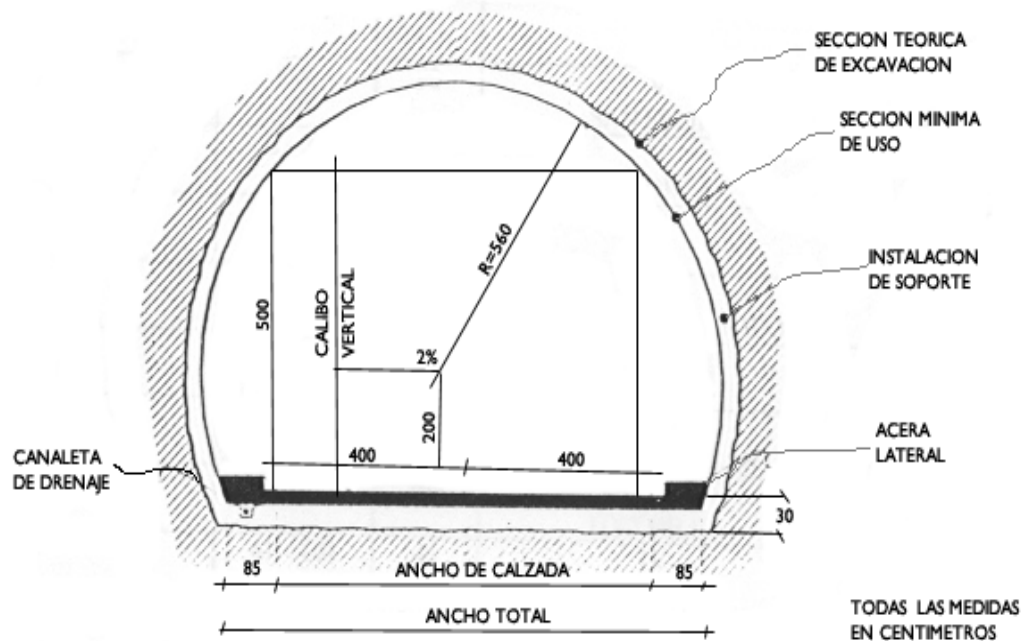


Fig. 1 Sección transversal de un túnel [1]

#### 4.1.7.1 Túneles De Pequeña Sección.

La sección transversal de un túnel de pequeña sección puede ser alrededor de 4 m<sup>2</sup>. Esta área proporciona espacio para poder instalar la tubería de ventilación y el uso de equipos pequeños de excavación.

#### 4.1.7.2 Túneles De Sección 4 a 6 m<sup>2</sup>.

En este tipo de sección normalmente se puede utilizar perforadoras manuales neumáticas con empujadores. Atlas Copco fábrica tres máquinas para diferentes características de rocas:

\* Puma BBC 16 W. Esta perforadora es muy eficaz para la perforación frontal en todo tipo de roca. Está diseñada con un control centralizado tanto para la perforación como para controlar la fuerza de avance del empujador.

\* Leopardo BBC 34 W. Perforadora para trabajar en todo tipo de roca, con un sistema de rotación apropiado para taladros largos. Está diseñada con un control centralizado tanto para la perforación como para controlar la fuerza de avance del empujador.

\* Pantera BBC 94 W. Perforadora semi pesada para trabajar en todo tipo de roca, con un sistema de rotación apropiado para taladros largos. Está diseñada con un control centralizado tanto para la perforación como para controlar la fuerza de avance del empujador.

Para perforaciones de gran tamaño de barrenos paralelos, las perforaciones grandes se escarían a 64 ó 76 mm.

El diagrama de perforación para un túnel tan pequeño comprende perforaciones de corte y contorno y el número de perforaciones puede ser del orden de 26 + 1 perforación de escariado, si la periferia es cargada con explosivo amortiguado o liviano. Si la periferia no es cargada con explosivos amortiguados, el número de perforaciones es de 21 + 1.

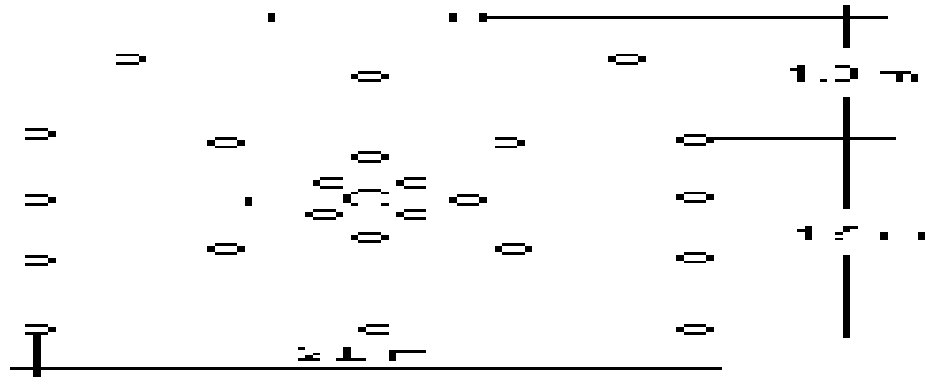


Figura 2. Diagrama de perforación. [2]

Explosivos apropiados: Dinamita encartuchada o emulsión en tiros de corte y destroza. Explosivo amortiguado o liviano con un diámetro de 17mm en tiros de contorno, o 40 a 80 gramos por metro en cordón detonante. (Detonadores no eléctricos tipo NONEL)

#### 4.1.7.3 Túneles De Sección 6 - 20 m<sup>2</sup>.

Cuando aumenta la sección transversal de una galería es posible usar un equipo de perforación más eficiente. Atlas Copco provee tres poderosos equipos de perforación para túneles pequeños:

\* Rocket Boomer H 104-38 COP 1238, de un brazo, equipo pequeño para áreas de túneles de 6 a 20 m<sup>2</sup>.

\* Boomer H 281-38 COP 1238, de un brazo, equipo de alta capacidad para áreas de túneles de 6 a 31 m<sup>2</sup>.

\* Boomer H 282-38 COP 1238, de dos brazos, equipo de alta capacidad para áreas de túneles de 8 a 45 m<sup>2</sup>.

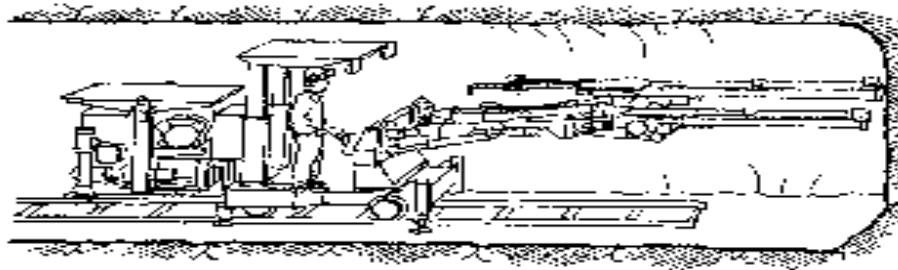


Fig. 3.1 diagrama de perforación para un corte de barreno paralelo. [3]

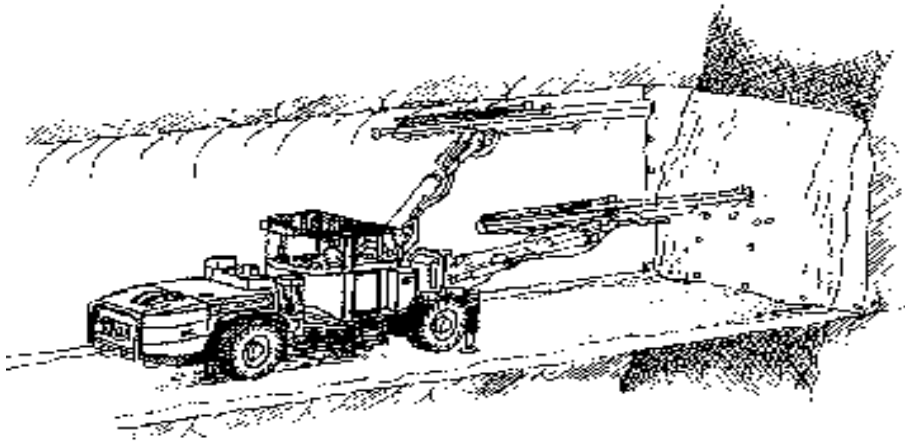


Fig. 3.2 diagrama de perforación para un corte de barreno paralelo. [3]

El diagrama de perforación para un corte de barreno paralelo. Se sugiere que el diámetro del barreno sea de 48 mm. y la profundidad de perforación 3,30 m usando una barra con hilo R32 con una longitud de 3,66 m. El diámetro de la perforación del escariador se sugiere que sea de 76 mm.

Secuencia de disparo: El diagrama de perforación en un área de túnel de 16,2 m<sup>2</sup>. El número de perforaciones puede ser del orden 45 + 1 perforación de escariado si las paredes y el techo son cargadas con explosivo amortiguado o liviano. Para voladuras normales sin contorno

amortiguado, el número de perforaciones es de 37 + 1 perforación de escariado.

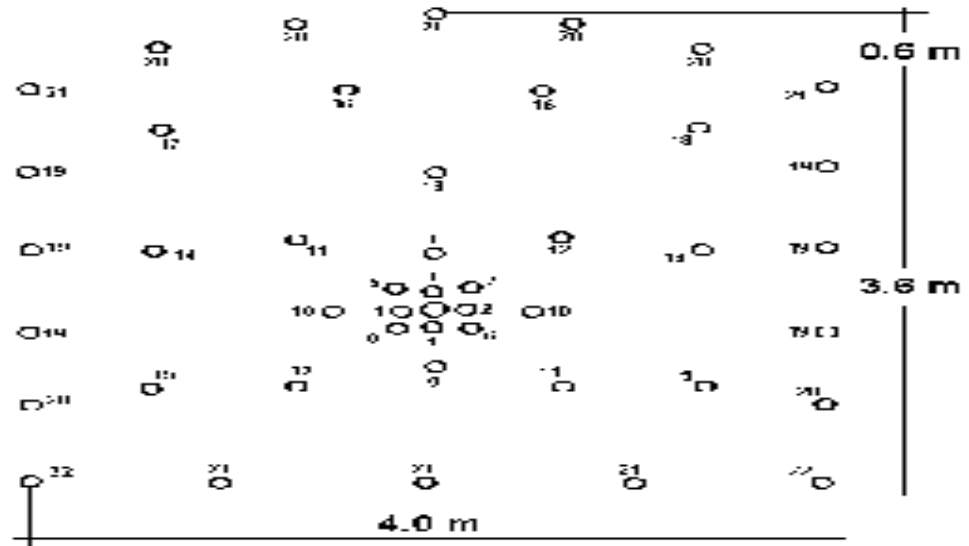


Fig. 4 Diagrama de perforación en un área de túnel de 16,2 m<sup>2</sup>. [2]

Explosivos apropiados: Dinamita, emulsión o explosivos acuosos encartuchados. Para trabajos de carga más eficientes, se puede usar ANFO o emulsión bombeables.

#### 4.1.7.4 Túneles De Mediana Sección.

Los túneles de sección entre 20 a 60 m<sup>2</sup> son comúnmente empleados en la construcción de plantas hidroeléctricas, construcción de caminos, ferrocarriles minería cavernas o depósitos subterráneos, etc.

\* Atlas Copco provee una amplia gama de equipos de perforación para el desarrollo de túneles de mediana sección.



\* Rocket Boomer 282, equipo de perforación electro hidráulico con dos brazos paralelos para secciones de túneles de 8 - 45 m<sup>2</sup>.

\* Rocket Boomer M2, equipo de perforación electro hidráulico de alta potencia con dos brazos paralelos para secciones túneles hasta de 45m<sup>2</sup>.

Rocket Boomer L2, equipo de perforación electro hidráulico de alta potencia para áreas de túneles hasta de 90 m<sup>2</sup>.

Diagrama de perforación y secuencia de disparo.

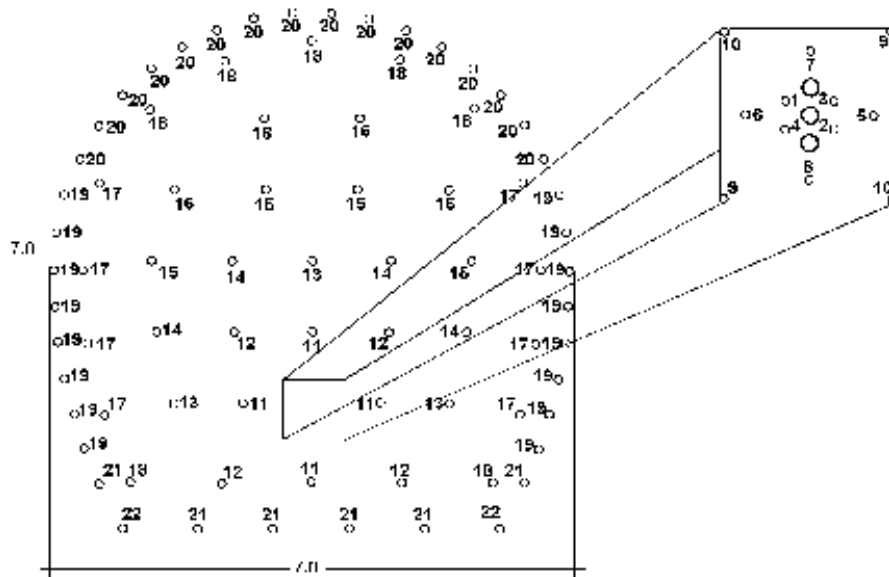


Fig. 5 Diagrama de perforación y secuencia de disparo. [2]

El diámetro sugerido para los barrenos escariados es de 89 mm con dos barrenos en el cuele.

El área del túnel es de 59 m<sup>2</sup> y el número de barrenos a tronar es de 82 tiros. Explosivos apropiados: ANFO o explosivos de emulsión bombeables del tipo SSE (Explosivos Sensibles en el Sitio) en el cuele y tiros de destroza. Las

paredes y techo deben volarse cuidadosamente a fin de evitar un exceso de rotura o sobre excavación.

Los explosivos apropiados son cargas de tubos de 17 mm o cordón detonar de 40-80 gr. /m. Con equipo de perforación de alta eficiencia, la carga de la voladura también debe ser eficiente para disminuir el tiempo del ciclo de trabajo. Los explosivos SSE poseen la ventaja de que no son explosivos hasta que sean bombeados dentro del barreno. La concentración de la carga se puede cambiar durante la carga del barreno de manera que no se requiere ningún explosivo especial para las perforaciones del contorno.

#### Explosivos apropiados

ANFO o explosivos de emulsión bombeables del tipo SSE (Explosivos Sensibles en el Sitio) en el cuele u tiros de destroza. Las paredes y techo deben volarse cuidadosamente a fin de evitar una rotura excesiva (sobre excavación). Los explosivos apropiados son cargas de tubos de 17 mm o cordón de detonación de 40 - 80 gr. /m. Con equipo de perforación de alta eficiencia, la carga de la voladura también debe ser eficiente a fin de disminuir el tiempo del ciclo de trabajo. Los explosivos SSE poseen la ventaja de no ser explosivos hasta que se bombeen dentro del barreno.

La concentración de la carga se puede cambiar durante la carga del barreno de manera que no se requiere ningún explosivo especial en los barrenos del contorno. Para un trabajo de carga eficiente con el camión de carga SSE, la plataforma de servicio del equipo de perforación se puede usar junto con el equipo de carga del camión SSE.

#### 4.1.7.5 Túneles De Gran Sección.

Los túneles gran sección sobre 60m<sup>2</sup> son comúnmente empleados para la construcción de caminos, líneas férreas, plantas hidroeléctricas, galerías de avance cavernas de almacenamiento subterráneo etc. La cobertura mayor que es posible perforar en sección completa es de 168 m<sup>2</sup>, pero normalmente a ningún túnel de dicho tamaño se le vuela la sección completa debido a otros factores que limitan el área práctica, uno de los factores a considerar es el número de períodos de los sistemas de iniciación existentes. Los sistemas eléctricos normalmente poseen 12 periodos mientras que los sistemas con cargas de tubos o cordón detonante alcanzan a 25. La sección práctica de un túnel de tamaño grande es alrededor de 100 m<sup>2</sup>.

Los métodos de perforaciones y voladuras para túneles de gran sección son iguales a los métodos para túneles de mediana sección.

En secciones transversales mayores, es práctico efectuar más de una voladura para llegar a la sección total. Si el túnel es demasiado ancho para una perforación y voladura de sección completa, la sección transversal se puede dividir en un túnel piloto y barreno lateral al ancho deseado.



Fig. 6 Esquema de galería piloto de un túnel alto. [5]

Si el túnel es alto, se puede volar primero una galería piloto y después un banco horizontal y banco vertical hasta que se obtenga la altura deseada. La razón del banco horizontal después de la galería es que normalmente no hay espacio para que el equipo pueda perforar en la galería. En el banco horizontal se puede usar el mismo equipo usado para perforar la galería.

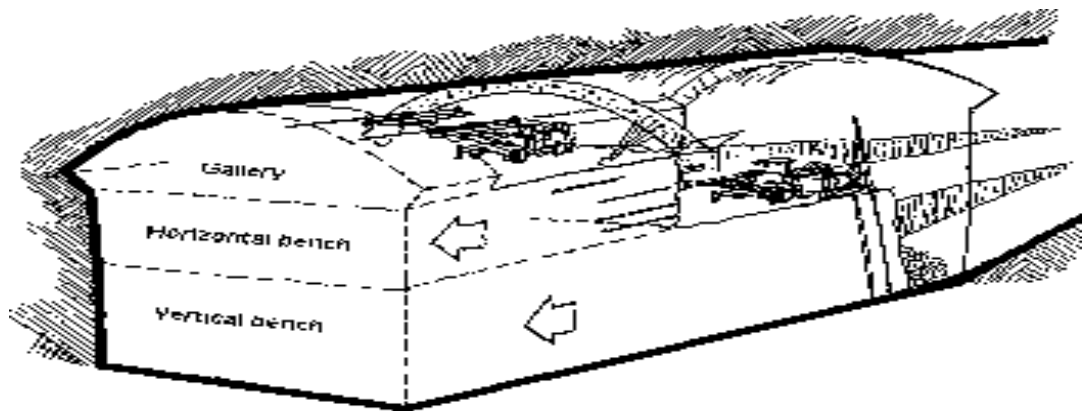


Fig. 7 División de la sección transversal de un túnel de sección grande.[6]

Aunque es posible perforar túneles hasta de 168 m<sup>2</sup> de sección completa, las limitaciones en los sistemas de iniciación hacen que sea más práctico dividir la sección transversal en una galería y banco horizontal. En el ejemplo siguiente un túnel con una altura de 15 m y 12 m se divide en una galería de 7,5 m de altura y un banco horizontal con una altura de 4,5 m.

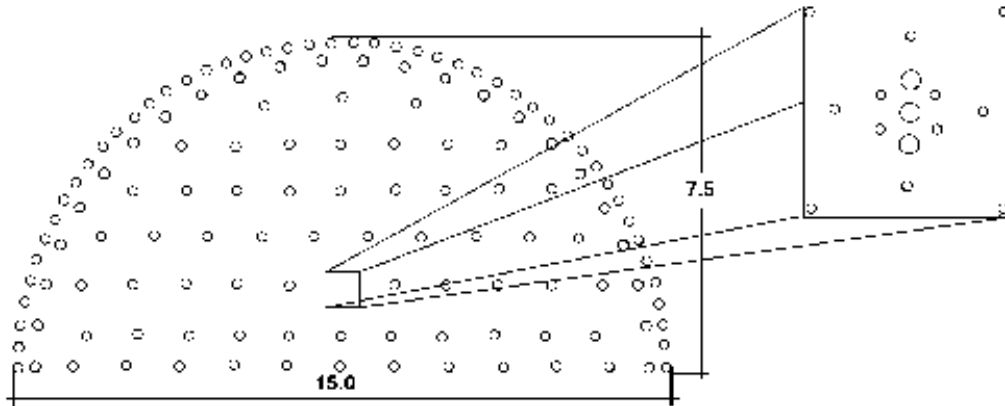


Fig. 8 División de una galería de 15m a 12 m de altura. [2]

Explosivos apropiados: ANFO o explosivos de emulsión bombeables del tipo SSE (Explosivos Sensible en el Sitio) en el cuele y tiros de destroza. Las paredes y el techo deben volarse cuidadosamente a fin de evitar roturas excesivas (sobre excavación). Los explosivos adecuados son cargas de tubos de 17 mm o cordón detonante de 40 - 80 gr. /m.

Secuencia de disparo: El mismo tipo de explosivos y sistemas de iniciación se recomiendan para el banqueo horizontal. Para instalar estaciones de energía hidroeléctrica y cavernas para el almacenamiento de aceite, etc.

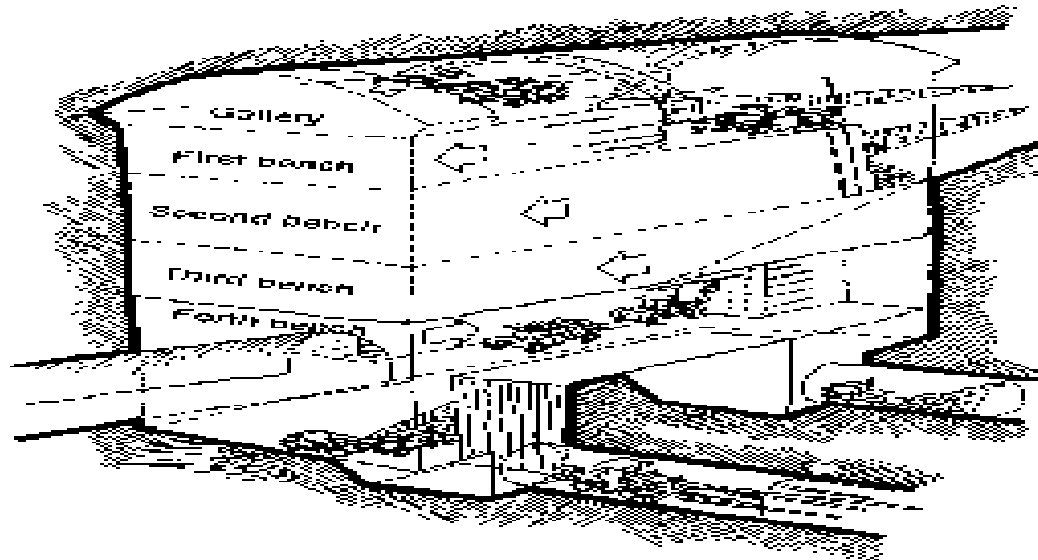


Fig. 9 Banqueo vertical de un túnel. [7]

El banqueo vertical se puede aplicar cuando existe suficiente altura para el equipo de perforación. El diagrama de perforación para los bancos verticales depende del diámetro de los barrenos. En el banqueo vertical los barrenos de mayor tamaño se pueden usar para economizar la operación. Como en otras operaciones, se deben usar explosivos eficaces en función de los costos como ANFO y SSE (Emulsiones Sensitivas al Terreno). Preferentemente se debe usar un sistema de tubos de impacto no eléctrico.

El túnel piloto se puede colocar en cualquier lugar de la sección del túnel pero tal vez sea práctico colocarlo lo más bajo posible a fin de que la excavación hacia el túnel piloto sea lo más fácil posible.

#### **4.1.8 Perforación O Barrenado.**

Existen diferentes equipos y accesorios para realizar un barrenado o perforación en roca, las que de acuerdo con la forma en que desarrollan su trabajo, se dividen en máquinas rotativas y de percusión.

#### **4.1.8.1 Maquinas Rotativas**

Realizan la perforación por medio de una herramienta cortante giratoria en forma de corona, que puede estar revestida de materiales en movimiento granallas. El efecto cortante es determinado por la velocidad de rotación, el poder abrasivo de la corona, la presión ejercida por el mecanismo de avance y el peso de varillaje y de herramientas. La naturaleza de la roca, además de los factores señalados determina la velocidad de avance.

#### **4.1.8.2 Maquinas de Percusión.**

Las máquinas de percusión realizan su trabajo por medio de una herramienta cortante o trepano que golpea sobre el fondo de la perforación; los bordes agudos de la herramienta cortan la roca y el mecanismo de rotación de la maquina hace girar la broca a una nueva posición por cada golpe. Los factores que fundamentalmente determinan la velocidad de avance son: el número de golpes por minuto y la naturaleza de la roca.

#### **4.1.8.3 Perforadoras de Percusión.**

\* “Jacklegs”: Debido a su facilidad para barrenar en cualquier posición, esta máquina fue la más utilizada en las galerías de Ralco y Pangué. Además es liviana, fácil de manejar y basta con un solo operario para realizar barreno.

\* “Guagua”: Es una máquina liviana equipada con mangos, para trabajar con ella a pulso. Debido a su poco peso y pequeño tamaño, es muy apropiada para barrenar en lugares estrechos. Este tipo de perforadora es de uso general en trabajos de superficie y en el interior de túneles.

#### **4.1.9 Barrenos.**

La forma más corriente de empleo de explosivos en cámara cerrada es el barreno. En la roca a remover se practican una serie de agujeros de diámetro y profundidad variable, bien a mano o bien con medios mecánicos (martillos perforadores); la carga de explosivos se coloca en el fondo del orificio, con una altura tal que en la parte superior quede espacio suficiente para cerrar la salida de la manera más perfecta posible, rellenando con material escogido, bien comprimido, para evitar que los gases encuentren en el orificio del barreno la línea de menor resistencia, en cuyo caso se perdería una parte importante de la eficacia de la explosión; cerrar herméticamente es fundamental para el rendimiento de la explosión. La longitud del cierre no debe ser menor de 200 mm. para 100 grs. de carga, y 50 mm. Más para cada 100 grs. más de explosivos, con un máximo práctico de 50 mm.; el cierre puede hacerse con arena fina o arcilla ligeramente húmeda, terminando con yeso o cemento rápido. Cuando el cierre no está bien hecho, sale por él, en pura pérdida, parte de la fuerza de la explosión; entonces se dice que el barreno ha dado "bocazo". Los barrenos que por cualquier causa no hubieren hecho explosión después de haberles dado fuego, no deberán de ninguna manera vaciarse, se volarán con nuevos barrenos colocados, como mínimo, a 25 cm. de distancia.



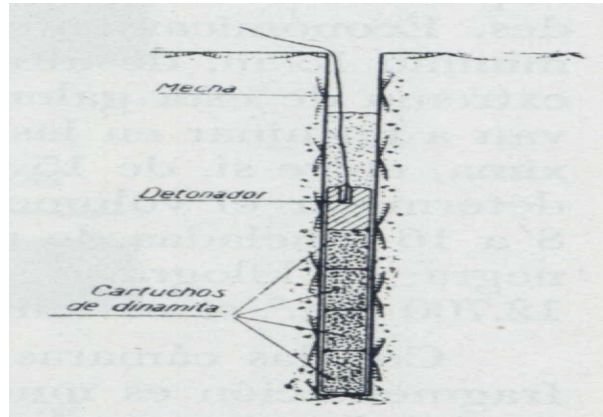


Fig. 10 Gráfico de un Barreno. [8]

Las dimensiones convenientes de los barrenos, diámetro y longitud, dependen de la naturaleza de la roca y de la forma de llevar el trabajo; en el rendimiento interviene, además, un factor importante: la disposición relativa y separación de los orificios. El diámetro de los agujeros varía, normalmente, de 30 a 90 mm., habiéndose llegado en canteras hasta 100 mm.; la longitud depende del tipo de trabajo a realizar y de la separación. En trabajos especiales de cantera se llega a barrenos de mayor diámetro, hasta 200 mm., empleándose para ello sondas rotativas a gran velocidad de corona de diamante; en trabajos de excavación estos diámetros excepcionales no son recomendables, pues precisan fuertes cargas y se producen escombros de gran volumen, que es imprescindible cuartear para poderlas cargar al medio de transporte; la reducción de piedras de gran tamaño a uno conveniente para su carga, el "taqueo", es trabajo enojoso y caro, que retrasa el transporte de escombros y complica la explotación normal del tajo. La determinación del diámetro, longitud del terreno, separación entre éstos, su disposición relativa y carga de explosivo son factores todos ellos que influyen decisivamente en la economía de la explotación; al tratar de los diferentes trabajos que interesan, se dan datos de orientación; pero hay que tener

presente, que solo una cuidadosa experimentación, al comenzar la explotación, asegurará la solución correcta.

#### **4.1.9.1 Perforación de barrenos:**

La perforación de barrenos puede hacerse a mano o mecánicamente.

\* Perforación a mano: Para la perforación a mano se utilizan de acero fundido o de hierro con la punta de acero, su sección es generalmente, octogonal, de punta afilada con diferentes formas, según la naturaleza de la roca; cuando es muy dura, se emplea la forma c), mientras que, para rocas de mediana dureza, se emplea la b); el ángulo varía de  $60^{\circ}$  a  $90^{\circ}$ ; el rendimiento óptimo para cada clase de roca, se obtiene con un ángulo determinado, que es conveniente fijar experimentalmente antes de empezar los trabajos.

Para ejecutar el agujero de un barreno, se empieza por preparar en la roca una superficie plana, normal a la dirección en que se ha de practicar; el agujero se inicia con golpes de barra, teniendo cuidado de hacer girar esta a cada golpe; cuanto más pequeño sea el ángulo que se haga girar la barra, más perfecto será el agujero practicado. Cuando la roca en la cual se ejecuta el barreno está seca, la operación se ayuda echando agua en el agujero, con lo cual se hace más fácil la maniobra y se evita el excesivo calentamiento de la barra. Es muy importante que el agujero sea circular, bien derecho, el acero de las barrenas debe ser duro y presentar una gran resistencia al choque; se emplean para las puntas de las barras aceros especiales al cromo, manganeso o wólfam.

\* Perforación mecánica: Cuando la obra a realizar es importante, la perforación a mano resulta lenta y costosa; por ello resulta, salvo raras excepciones, económicamente recomendable recurrir a la perforación mecánica; su rapidez es, por lo menos, tres veces la de perforación a mano; el agujero resulta más regular y su coste es menor; se pueden alcanzar 5 o 6 mt. de profundidad con un diámetro hasta de 90 mm.

Los sistemas de perforación están fundados en dos principios distintos:

1.- Sistema de percusión

a).- De percusión directa

b).- De martillo

2.- Sistema de rotación

a).- Presión débil y gran número de revoluciones

b).- Presión fuerte y rotación lenta

En relación con el sistema motor, las perforadoras pueden ser:

a) Neumáticas

b) Hidráulicas

c) Eléctricas

Las perforadoras corrientemente empleadas en la construcción de túneles son neumáticas de percusión; requieren una presión de aire de aire de 5 a 8 atmósferas; y el aire comprimido se produce en compresores, generalmente móviles.

Las perforadoras hidráulicas se utilizan principalmente en excavación de galerías de avance de los túneles con roca de gran dureza; trabajan con una presión de aire de 25 a 100 atmósferas.

Las perforadoras eléctricas pueden ser de percusión o de rotación; son más económicas que las anteriores, pero hasta ahora solo son utilizables, para roca de pequeña dureza.

Perforadoras neumáticas, para poder realizar la labor completa tienen que ejecutar los siguientes movimientos:

- \* Un movimiento, de ida y de vuelta del émbolo al cual va unida la barra.
- \* Un movimiento de rotación de la barrena.
- \* Un movimiento de avance de la perforadora, en su conjunto, para seguir el avance del agujero.
- \* Un movimiento de retirada de la barrena en el agujero.

#### **4.1.10 Carga Y Voladura:**

##### **4.1.10.1 Explosivos**

Es una mezcla de sustancias químicas que cuya rápida descomposición debido a la combustión, produce un gran volumen de gas, a gran temperatura. Los explosivos pueden emplearse colocando la carga en un espacio perfectamente cerrado; al provocarse la explosión, la fuerza expansiva del gas origina una fuerte presión que, venciendo la elasticidad, cohesión y peso de la roca, la quebranta y separa del resto. En esta forma se utilizan los explosivos de cualquier tipo, rápidos o lentos.

Los explosivos más usados en obras civiles son la pólvora, la dinamita, las mezclas a base de nitrato de amonio, petróleo y las emulsiones gelatinosas, las características principales son la densidad, que determina la cantidad de energía en el barreno, velocidad de detonación determinando la potencia y por último, la sensibilidad del explosivo a los efectos térmicos y mecánicos.

La clasificación de los explosivos comerciales es la siguiente:

- \* Explosivos lentos (pólvora negra).

- \* Explosivos violentos (dinamitas).

- \* Explosivos de gran seguridad.

- \* Materiales para voladuras (mecha y detonadores).

- \* Explosivos lentos (pólvora negra): Es una mezcla de carbón, azufre y nitrato de potasio o de sodio, en las siguientes proporciones de peso:

  - 62% nitrato de potasio o sodio.

  - 20 % azufre.

- 18 % carbón vegetal.

La pólvora negra se fabrica, principalmente, en dos formas. Granular y en cartuchos. La pólvora granular se envasa en tarros de fierros, aproximadamente de 20 Kg.

La pólvora en cartuchos es una pólvora aprensada en cilindros los que tienen una perforación para pasar las mechas o fulminantes de encendido. La pólvora es inflamable a 300 ° C.

\* Explosivos violentos (dinamita): Puede presentarse en diversas composiciones, cuyas características son variables, en general, puede decirse que la dinamita está formada por nitroglicerina absorbida en alguna sustancia porosa inerte ( mezcla de nitrato de sodio con pulpa de maderas y otros ), que adquiere la consistencia de una pasta. La dinamita absorbe humedad, lo que la hace menos sensible y de menor rendimiento en el trabajo.

#### **4.1.10.2 Tipos De Dinamitas:**

\* Dynamita común o dinamita estable, a base de nitroglicerina: Este tipo contiene solamente nitroglicerina como explosivo violento. El porcentaje de nitroglicerina varía entre 15-60% en peso. Produce gases nocivos, por lo que debe manejarse cuidadosamente, no debe usarse en lugares cerrados, se usa especialmente para trabajos bajo agua.

\* Dynamita extra o dinamita amónica: La dinamita amónica es una dinamita estable de nitroglicerina, a la que se ha agregado nitrato de amonio.

La potencia varía entre un 20-60%, produce gases nocivos en menor cantidad que la dinamita común, no resiste la humedad. Puede usarse en túneles con buena ventilación y rocas de dureza media fulminantes.

\* Gelatina explosiva: Es un producto parecido a la goma, formado por una mezcla de algodón impregnado en ácido nítrico y nitroglicerina líquida. Es uno de los explosivos más poderosos y violentos que se conocen.

\* Dinamita gelatinosa: Se obtiene disolviendo pólvora en nitroglicerina su potencia puede variar, es denso y tiene características plásticas, se puede taquear bien dentro de los barrenos con lo que se obtiene una gran velocidad de explosión, es resistente al agua casi no produce gases nocivos, usa en rocas duras y túneles.

\* Dinamita gelatinosa amoniacal o Amón gelatina: Este explosivo ha sustituido la parte de nitroglicerina por nitrato de amonio, para hacerlo menos inflamable, es in congelable, muy potente y produce gases poco nocivos, resistente al agua, y más barata que las anteriores.

#### **4.1.11 Materiales Para Voladura**

En las operaciones de carguío y voladura se utilizan otros elementos aparte de explosivos, como son: mechas o guías, detonadores y cebos.

#### **4.1.11.1 Mechas**

\* Mechas o guías para minas: Están constituidas por núcleo central o reguero de pólvora, cubierta por una o varias capas de tejido de algodón o cáñamo y de sustancias impermeabilizantes. El objeto de la mecha es llevar el fuego de una manera uniforme y continua, al detonador o a la carga explosiva. Las capas exteriores de la mecha evitan que chispas o llamas del exterior enciendan la pólvora del núcleo, por esto, el encendido de la mecha debe iniciarse por un extremo.

\* Mecha o cordón detonante: Posee un núcleo de tetra nitrato de pentocritrito o trilita, dentro de una envoltura impermeable, reforzada por cubiertas que la protegen. La velocidad de detonación es muy alta, 6000 m/s aproximadamente; tiene muy buena resistencia a la tensión es liviana y flexible, razón por la cual es fácil manejar y conectar.

#### **4.1.12 Detonadores**

##### **4.1.12.1 Fulminantes Corrientes**

Consisten en una cápsula de cobre de más o menos 6 a 12 mm de diámetro por 30 a 60 mm de longitud, que se llenan aproximadamente, hasta la mitad, con una mezcla explosiva a base de fulminante de mercurio, pentrita, tétrico, dejando un espacio vacío para fijar la punta de la mecha.

Los fulminantes son los explosivos más sensibles al calor, fricción y golpes, por lo cual deben manejarse con mucho cuidado.



#### **4.1.12.2 Fulminantes o Estopines Eléctricos**

Son iguales que los descritos anteriormente, pero dotados de un sistema para hacerlos explotar por medio de la corriente eléctrica. Dentro de la cápsula del fulminante hay dos conductores de corriente, que llevan unidos los extremos interiores por un puente de alambre de platino muy fino, o de otro metal de gran resistencia, que al hacer pasar una corriente eléctrica se pone incandescente. Este puente está colocado sobre el fulminato y se cubre con algodón - pólvora o fulminato de mercurio en polvo. El espacio que queda libre está cerrado con un tarugo, enseguida va colocado un material impermeable, finalmente un aglutinante, a base de azufre, el que se mantiene adherido en su sitio por las corrugaciones de la cápsula. Los conductores de cobre aislados que sobresalen de la cápsula, son de una longitud que varía de unos centímetros hasta unos 75 metros.

#### **4.1.13 Tipos De Estopines Eléctricos:**

##### **4.1.13.1 Instantáneos:**

Todos Los Fulminantes Se Inician Al Mismo Tiempo.

##### **4.1.13.2 Milisegundos:**

**Estos estopines son de retardo y tienen diferencias** entre números de serie, que va de los 25 milisegundos a los 750 milisegundos, de acuerdo con la procedencia de la fabricación.

#### **4.1.13.3 Ordinarios De Tiempo:**

Los retardos entre números de las series son aproximadamente del orden del medio segundo y vienen numerados como 0, 1, 2, 3, 4, 5,6.

Las normas nacionales prohíben el uso de estopines de distinto tipo en una serie.

#### **4.1.14 Cebos O Primarias**

Estos cebos o primarias se utilizan para detonar explosivos de gran seguridad que necesiten una gran velocidad de detonación.

#### **4.1.15 Entibación**

Se entiende como entibación al conjunto de elementos que se colocan durante la ejecución de un túnel, cuando las condiciones de la roca lo requiere, y cuya finalidad es doble:

- \* Proteger con seguridad suficiente al personal
  
- \* Asegurar la estabilidad de la excavación, respetando la forma y dimensiones exigidas en el proyecto.

El diseño debe ser hecho en forma racional, es decir, debe proyectarse el tipo de sostenimiento que efectivamente se requiere para cada caso y en la cantidad realmente necesaria. Si se sigue este camino, el diseño resulta ser además, económico y seguro.

La importancia del sostenimiento es decisiva pues de él depende la estabilidad del túnel. El revestimiento solo se aplica normalmente, bastante tiempo después que la roca ha alcanzado un equilibrio final, salvo en los casos donde se coloca por razones de tipo hidráulico o estático.

#### **4.1.15.1 Forma De Actuar De Una Entibación:**

Según su comportamiento estructural pueden ser:

\* Rígida: Cuando es prácticamente indeformable, es decir, no permite desplazamiento de la roca.

\* Flexible: Cuando permite deformaciones controlada de la roca.

Según la presión que puede ejercer o recibir se distinguen dos formas de actuar de una entibación puede ejercer una presión de estabilización contra la roca si se aplica durante la fase de la descompresión; limita las deformaciones permitiendo la redistribución de tensiones y posibilita a la roca poder resistir por si misma las presiones del cerro al no perder totalmente sus propiedades mecánicas.

Puede recibir una presión de descompresión o de soporte, la presión la ejerce la roca totalmente suelta que al haber perdido sus propiedades mecánicas, ya no es capaz de transmitir esfuerzo y sólo actúa libremente por su propio peso. Esta pérdida se debe por una parte, a un paro hecho sin ningún cuidado, que deja a la roca excesivamente agrietada.

Cuando la galería de avance se realiza en roca consistente puede limitarse a “cabezales” apoyados en cajas expresamente realizadas en las

paredes de la galería; el cabezal debe quedar exactamente encajado en ellas; entra oblicuamente y luego se va forzando hasta ponerlo normal al eje; si hay huelgos en algún sentido, se retaca el cabezal con cuñas de madera que lo fijen.

Cuando el terreno produzca empujes de gran importancia, puede resultar preciso unir los pies derechos, en su base, por rollizos transversales estampidores, que eviten que, por los empujes horizontales, puedan moverse los asientos de aquellos.

La distancia entre los cuadros, normalmente de 1 m. A 1,50 m., puede ser menor si la naturaleza del terreno así lo exige; los rollizos serán de diámetro variable entre 25 y 30 cm. Cuando la cohesión del terreno es pequeña, la excavación se forra con tablas, cuyo espesor varía de 1 a 3 pulgadas (2,5 a 7'5 cm) .Cuando la presión del terreno sea muy grande, se puede recurrir a reforzar los cuadros, añadiendo otros nuevos interiormente o bien a colocar puntales o tornapuntas. El último sistema tiene el inconveniente que las nuevas piezas reducen el espacio libre ya por sí pequeño, cuando el terreno es muy incoherente, es preciso forrar no solo las paredes y el techo si no también el fondo y el frente; en algunos casos la incoherencia del terreno obliga a que el revestido de las tablas vaya por delante de la excavación; para ello las tablas se van hinchando en el terreno por delante de aquella, se levantan las tablas de forro el frente y las longitudinales se hincan a golpes de mazo en una pequeña longitud que luego se excava en toda la sección o bien solo en una pequeña zona.

## **4.1.16 Mecanismo De Las Maquinas Perforadoras Para Entibaciones**

### **4.1.16.1 Componentes Fundamentales**

Los componentes fundamentales de las perforadoras son:

El cilindro, el émbolo o pistón, las válvulas de paso para el aire y el agua, el mecanismo de rotación, el tubo de inyección de agua o bombilla, las conexiones para aire comprimido y agua, con sus respectivas llaves de paso.

Otros componentes importantes son: la bocina, que sirve para sostener el culatín de las brocas y transmitir el movimiento giratorio, el freno u horquilla provista de resortes para la retención de la broca, los tirantes, que mantienen unidos las partes que componen la carcasa de la máquina.

### **4.1.16.2 Funcionamiento**

El aire comprimido a la presión de 80 a 90 libras por pulgada cuadrada, origina un movimiento de percusión y otro de rotación. El movimiento de percusión es el que produce el avance, y el de rotación tiene por objeto cambiar la posición de la cabeza para cortar mejor la roca y darle la forma a la perforación.

Los movimientos y golpes se transmiten a la broca o barra, en cuyo extremo va colocada la cabeza, que es la herramienta que corta la roca. El agua entra por el cabezal de la máquina continúa por la bombilla, sigue por el orificio central de la broca, y es inyectada al frente de la perforación, a través del orificio de la cabeza misma. La arena resultante es acarreada fuera del hoyo por el agua y el aire comprimido.

Normalmente es necesario entibar la excavación; solamente en terrenos muy consistentes es posible reducirla o suprimirla a un mínimo cuando el túnel tenga una profundidad pequeña y por la consistencia del terreno no sea precisa la entibación, hay que procurar que el revestimiento vaya inmediatamente después de la excavación, pues no hay que olvidar cuanto se dijo a cerca del comportamiento del terreno: una excavación que se mantiene perfectamente sin entibar recién ejecutada, puede derrumbarse al cabo de un cierto tiempo, aunque sea parcialmente, con grave peligro para el personal y con grave trastorno económico.

Con objeto de lograr la máxima economía en el volumen del material, mano de obra y rapidez en las operaciones de montaje y desmontaje, la forma de entibar los túneles debe estar inspirada en los siguientes principios:

- a) Todos los elementos de la estructura deben trabajar a compresión, evitando disposiciones que produzcan flexiones;
- b) La longitud de las diferentes piezas debe reducirse con puntales, para evitar la flexión;
- c) Las juntas de unión deben ser sencillas, para evitar gastos inútiles en su ejecución y en la mano de obra de montaje y desmontaje;
- d) La disposición general de la estructura debe permitir la fácil extracción de los escombros y ejecución de la fábrica del revestimiento;
- e) Se deberá disponer la entibación de manera que pueda ser fácilmente reforzada sin modificar la disposición general; debe preverse al proyectarla donde y como debe ser colocada la madera de refuerzo, si se necesitase con objeto de que no estorbe el trabajo;
- f) No ha de ser posible cambiar, si fuese necesario, los distintos elementos de la entibación produciendo el menor trastorno en el conjunto;
- g) Con el objeto de que el material de la entibación no sea sometido a trabajo excesivo, se debe llevar la obra de revestimiento lo más cerca posible de la excavación; se obtendrá de este modo no solamente una economía en el volumen total de la madera a emplear, sino también en sus dimensiones.

El material corrientemente usado es la madera. Como las cargas a que la entibación está sometida alcanzan, a veces, valores enormes ( 200 toneladas por metro cuadrado y aún superiores), las escuadrías que es posible dar al material no pueden ser las precisas para que los coeficientes de seguridad alcanzan los valores corrientes de 3 y 4, pues resultaría carísimo y no quedaría en la excavación espacio para que los trabajos se desarrollasen; como los coeficientes de seguridad que se adoptan son muy bajos, hay que observar constantemente la entibación y sustituir, antes de su rotura, aquellas piezas que empiecen a averiarse. Las maderas corrientemente empleadas son el pino y el abeto.

#### **4.1.17 Sistemas De Excavación**

La excavación de un túnel en terreno consistente se realiza efectuando primero una pequeña galería denominada galería de avance, que posteriormente se ensancha hasta alcanzar la sección total del túnel; el ensanche de la galería de avance se llama “destroza “.

Las dimensiones de la galería deben ser estrictamente precisas para que un hombre pueda trabajar: 2,5 a 3,5 m. de ancho por 2 a 3 m. de alto. La galería de avance va adelantada en relación a la excavación de la sección total, unos 15 o 20 m. La situación de la galería de avance en relación con la sección total del túnel y el orden en que se realice el ensanchamiento depende de la naturaleza del terreno; en todo caso habrá que tener presente:

- a) La rapidez de la excavación y carga de los productos obtenidos;
- b) Posibilidad de fácil evacuación de los productos de la excavación;

a este fin se ha de tenerse en cuenta que la entibación que se proyecte no estorbe la colocación de las vías y el movimiento en ellas de las vagonetas encargadas

del transporte; c) Que el revestimiento de la excavación pueda realizarse con la mayor rapidez y facilidad.

Los explosivos rápidos se pueden también utilizar colocándolos, sencillamente, al lado de la roca que se trata de desintegrar; al producirse la explosión, la fuerza viva de la masa de aire y gas, la onda explosiva, produce el efecto deseado; este procedimiento se utiliza especialmente en la desintegración de trozos de roca, previamente extraídos por el sistema de cámara cerrada, pero que son de tamaño excesivo para su carga o manipulación.

#### **4.1.18 Apernado En Roca**

Luego que la “Us Bureau of Mines”, diera a conocer las bondades que presentan los pernos de anclaje, se ha intensificado cada vez más la utilización e investigación de la técnica del apernado de roca como medio de entregar su estabilidad a las excavaciones subterráneas.

El éxito que logre este sistema de soporte radica principalmente en reducir los movimientos de la roca que rodea la abertura pese a ser un elemento activo del sistema de soporte.

El apernado de roca puede actuar de diferentes formas sobre el comportamiento del terreno circundante a la cavidad, en primer lugar representa un efecto que aumenta la resistencia del deslizamiento entre bloques. Además, se ha propuesto que el apernado puede representarse como un aumento de cohesión del terreno que rodea la excavación.



El apernado basa gran parte de su eficiencia al hecho que puede colocarse rápidamente junto a la frente. La selección apropiada del sistema de anclaje se realiza considerando las condiciones de excavación y la vida útil del túnel.

Mediante la colocación sistemática del anclaje se consigue el valor más significativo del apernado. De esta forma es posible aproximarse a una estructura de roca reforzada continua y de propiedades homogéneas, la que tendrá mayores probabilidades de éxito, como sistema de fortificación. Inicialmente se pensaba que el apernado servía para anclar los bloques de roca suelta a la roca más sólida que se encuentra detrás de ellos. Pero su empleo para este propósito es limitado, más aún los pernos ubicados en forma desordenada y puntual puede comprometer la estabilidad general del túnel.

#### **4.1.19 Principio Sobre Apernado De Roca**

Cuando efectuamos una excavación subterránea se produce una redistribución de las sollicitaciones preexistentes, esto es, se altera el equilibrio inicial. Alrededor de la cavidad se produce, concentraciones de presiones que en la mayoría de los casos provocan la ruptura y el desprendimiento de la roca. La función del soporte es controlar los cambios de las sollicitaciones y limitar los movimientos de la roca.

El principio fundamental del apernado de roca es mantener el equilibrio original, modificando estructuralmente la roca para hacerla auto soportante. El empleo de pernos de anclaje para el soporte de una cavidad se puede clasificar en cuatro grupos, de acuerdo a su forma de actuar.

El perno actúa soportando bloques inestables individuales, en este caso, el perno debe resistir el peso de la roca, suspendida con coeficientes de seguridad 3, de esta manera se aseguran las estimaciones de cargas erróneas y se previenen los anclajes imperfectos.

Los pernos de roca consolidan las distintas capas o estratos de roca, impidiendo el deslizamiento entre ellas, formando vigas más resistentes que las placas individuales.

Además, de las propiedades resistentes y la calidad del terreno interesan el efecto del tiempo, el nivel de tensiones originales, el comportamiento mecánico y las posibilidades de meteorización del terreno o de alteración de las propiedades de los pernos al momento de revestir.

Los materiales que se emplean en el revestimiento han de poderse colocar con facilidad, pues no hay que olvidar las condiciones difíciles de trabajo en la construcción de túneles: se dispone de poco espacio, la luz es mala y, frecuentemente hay agua. Los revestimientos han de ser consistentes, inalterables a la acción de agentes atmosféricos, impermeables al agua y capaces de resistir la acción de los gases que el tráfico produzca.

#### **4.2 Impacto ambiental generado en construcciones de túneles viales**

En las grandes ciudades, los problemas de congestión de la circulación y movilización de personas son verdaderamente agudos. En ciertos casos, la respuesta a estos conflictos ha sido la realización de grandes inversiones en soluciones de tipo metro pesado y nuevas rutas con sistemas de túneles viales urbanos, cuyos factores críticos, además de los altos costos de inversión, se concentran esencialmente sobre los impactos, generalmente

negativos y en estos casos en su mayoría de tipo social, generados a la zona circundante a la construcción, a esto tampoco se escapa los túneles de tipo extraurbanos los cuales llevan consigo la carga de impactar sobre espacios naturales que en su mayoría no han sido explotados por la acción urbanística del hombre hasta ese momento.

Todo proceso constructivo de un túnel presenta una serie de problemas ambientales comunes por lo que en el presente capítulo se presenta la identificación y la descripción de los impactos ambientales que potencialmente pueden ser generados o inducidos por un proyecto de túnel vial.

#### **4.2.1 Afectaciones Ambientales Generadas Por Las Diferentes Fases De Los Proyectos De Infraestructura De Túneles Viales**

El efecto de los componentes del proyecto sobre los factores ambientales del área de influencia del mismo se traducirá en las siguientes afectaciones:

##### **4.2.1.1 Efectos Sobre La Fauna**

Las labores de acondicionamiento del suelo, construcción de caminos de acceso, instalación y operación de campamentos (por desplazamiento de especies de fauna terrestre, aérea y acuática e incremento de actividades de caza y pesca, así como la generación de ruido y polvo), desbroce de la cobertura vegetal y otras relacionadas a la fase de construcción, darán como resultado la perturbación a las poblaciones de animales por disminución de hábitats, sobre todo en aquellas especies que son altamente sensibles a la reducción de sus hábitats en caso de algunas aves. Además la sola

presencia de elementos extraños a sus hábitats va a crear el desplazamiento de poblaciones.

Debido a la pérdida de cubierta vegetal se disminuirá el hábitat disponible para la fauna (áreas de reproducción, alimentación, descanso, refugio, etc.) dentro de las áreas a afectar y área de influencia. Por otra parte, como se mencionó anteriormente, dichas actividades de preparación del sitio, constructivas y demás actividades requeridas para el desarrollo del proyecto afectarán la abundancia y distribución local de especies de fauna silvestre, por la circulación vehicular, la presencia humana, cambios del paisaje, establecimiento de estructuras, el ruido, vibraciones generados por la maquinaria y equipo de combustión interna y por el uso de explosivos. En consecuencia, la fauna asociada a esta vegetación deberá migrar a otras áreas que garanticen condiciones similares a las originales, y sólo algunos individuos se adaptarán a las nuevas condiciones.

Posibilidades de incremento en la mortalidad de especies.

Además que por los procesos de desmonte y los procesos constructivos, con el establecimiento y operación de la carretera de acceso al túnel, casi ninguna especie de fauna silvestre terrestre estará exenta de riesgo de muerte accidental a causa de la constante circulación vehicular, algunas de ellas son particularmente vulnerables, especies con amplios rangos de desplazamiento deberán cruzar la carretera y serán especialmente vulnerables a colisionar con los vehículos en circulación. Por otra parte, las superficies pavimentadas almacenan calor creando "islas de calor" que atraen especies como serpientes y algunas aves aumentando el riesgo de mortalidad en dichas especies.

Incidencia negativa sobre la sobrevivencia de especies de fauna en general

Los trabajos de desmonte y la construcción de la vialidad incidirán de manera general y negativa sobre el conjunto faunístico, principalmente por la perturbación que ello representa a las pautas de comportamiento, a la adaptación a sus hábitats y al uso de espacios concretos para el desarrollo de sus funciones biológicas, sin embargo es posible en algunos casos que la calidad del ambiente favorezca que la homeostasis del ecosistema, permita a sus poblaciones asimilar, así sea parcialmente el impacto y, encuentren en la ocupación de nuevos hábitats una respuesta al problema que enfrentarán con la construcción y operación del proyecto.

Alteración de hábitats faunísticos de las pequeñas especies.

El impacto incide principalmente en especies como conejos, ratones de campo y pequeños reptiles, el efecto negativo sobre sus hábitats obligará a su desplazamiento. Si bien para este caso el impacto no rebasará los límites del área de afectación directa del proyecto, otro impacto se origina en la incidencia directa sobre las especies de pequeños mamíferos y reptiles de lento desplazamiento, para los cuales los trabajos de desmonte obligarán a estas especies a trasladarse a nuevos espacios poniendo en riesgo su preservación. El impacto puede rebasar los niveles de significancia y alterar la capacidad de adaptación de las especies a nuevos hábitats y peor aún alterar el frágil sistema natural.

Barreras para la movilidad de las especies y alteración de las rutas de paso de la fauna.

Las rutas de tránsito de pequeños mamíferos y reptiles se verán alteradas de manera definitiva en los espacios por donde se desarrollará la vialidad y la movilidad de las especies terrestres será afectada de manera negativa, particularmente en el área de influencia directa del proyecto, como consecuencia de la construcción de la vialidad de acceso al túnel, fragmentando los hábitats lo que dificulta a las especies encontrar fuentes de alimento, agua, refugio y parejas.

Cambios y alteraciones en los ecosistemas más allá del límite del pavimento y derecho de vía, con el consecuente cambio del comportamiento natural, en relación a los ámbitos hogareños, patrones de desplazamiento, búsqueda de alimento, éxito reproductivo, reacción de escape. etc.

#### Incremento de la presión humana

Con la accesibilidad a sitios antes remotos, cambian la ecología a través prácticas recreativas, extracción de recursos naturales y generan cambios adversos permanentes en el área. El incremento de la presencia humana conlleva incremento en la perturbación intencional o no intencional de la fauna silvestre.

#### **4.2.1.2 Efectos Sobre La Flora**

Es importante mencionar que en los últimos 15 años el crecimiento de la actividad agropecuaria y la urbanización han incidido en la disminución de selvas y vegetación, y que las causas de degradación del suelo han sido por procesos de pérdida de la cubierta vegetal, al considerar la deforestación y el cambio de uso de suelo.

Debido a esto resulta evidente que este factor es uno de los mas importantes por lo mencionado anteriormente y las posibles alteraciones ocasionadas a este indicador con la construcción del túnel son: La eliminación de la cubierta vegetal, por el desmonte y despalme de vegetación dentro el derecho de vía. Posible eliminación de vegetación fuera del área del derecho de vía por los cortes y terraplenes, el material rodado y posibles aludes e inestabilidades de laderas durante los trabajos constructivos.

Por otra parte, el uso de explosivos, el movimiento de maquinaria, vehículos y materiales durante la preparación del sitio y construcción en general, generarán polvos fugitivos y demás partículas que pueden depositarse sobre la vegetación aledaña y afectarla al interferir en sus procesos fisiológicos y fotosintéticos. Una vez que la vialidad se encuentre en operación la constante circulación vehicular afectará también la vegetación aledaña por el incremento en la cantidad de polvos, partículas suspendidas del suelo y contaminantes, así como por la inadecuada disposición de los residuos sólidos de origen doméstico tirados por los usuarios, y por posibles accidentes. La construcción y presencia de caminos crea condiciones de luz adicional favoreciendo el desarrollo de vegetación distinta a la original y el establecimiento de especies invasoras que se dispersan remplazando a las comunidades nativas. Estas especies son capaces de tomar ventaja de las condiciones perturbadas o alteradas y las nativas son estresadas o remplazadas. Por otra parte, los caminos también actúan como vectores dispersando semillas por medio de los vehículos.

#### Modificación de la estructura del ecosistema.

El impacto sobre este ecosistema, particularmente en el espacio que ocupará la vialidad será irreversible. Una parte de la población de las

especies que conforman este estrato fisonómico de su vegetación se perderá, como consecuencia del desarrollo del proyecto.

#### **4.2.1.3 Efectos En El Paisaje**

El desarrollo del proyecto a lo largo de todo su recorrido, incidirá de una manera u otra sobre el paisaje, bien sea en áreas urbanas o suburbanas, la percepción visual negativa de la modificación puede ser atenuada, pero la residualidad de la misma es permanente.

Los impactos esperados por las actividades de adecuación de áreas para la construcción, están relacionados con afectaciones al paisaje, debido al deterioro de la calidad estética, cambio y fragmentación del paisaje natural.

Estos impactos pueden ser causados por labores de desmonte, de explanación, excavación, cortes, adecuación de las vías de acceso, adecuación de áreas complementarias de la obra como campamentos, plantas de trituración y asfalto, sitios de disposición de sobrantes, zonas de préstamo y fuentes de materiales.

El área destinada al parque de maquinaria y en la zona de acopios e instalaciones auxiliares, será necesario eliminar la cubierta vegetal existente, produciendo un descenso de la calidad visual del entorno atravesado.

De hecho la construcción de este tipo de proyectos supone un fuerte impacto paisajístico sobre todo en los ambientes naturales que no han sufrido alteraciones con infraestructura local ni edificaciones.



Se deteriora del paisaje de forma temporal y puntual por el incremento de partículas suspendidas, polvos, humos, movimiento de maquinaria, equipos y diversos materiales requeridos para la construcción de la obra. Posteriormente, durante la etapa de operación el paisaje se verá alterado por la generación de partículas y humos debido a la circulación vehicular, así como por la dispersión de residuos sólidos municipales generados por los usuarios, fragmentos de llantas y restos de accidentes.

En las zonas urbanas debido a la gran circulación de automovilistas y a la degradación de los usos del suelo, la publicidad contaminante invadirá el espacio urbano y la imagen del mismo se deteriorará sin remedio. Los anuncios espectaculares y la publicidad oportunista invadirán hasta la saturación el espacio afectado por estos proyectos, elementos que impulsarán una formidable degradación de las franjas urbanas localizadas junto a ellos.

#### **4.2.1.4 Efectos en el suelo**

En ciertos casos una estructura de esta envergadura, consume territorios extensos ocupando posiblemente tierras muy valiosas para la agricultura e inevitablemente agrediendo a numerosos ecosistemas.

En el acondicionamiento del suelo para las diferentes actividades de construcción del túnel van a ser necesarios realizar movimientos de tierras, el desbroce de la cobertura vegetal dentro del área de servidumbre, entre otras. Todas estas alteraciones modificarán negativamente el suelo, a lo que sumado el retiro de la cobertura vegetal, producirá un aumento de la erosión hídrica sobre todo si es en época de lluvias. Por otro lado la alteración de la calidad del suelo podría ocurrir en caso de producirse derrames accidentales

de combustibles, aceites y grasas, principalmente durante la construcción de vías de acceso, operación y limpieza de máquinas; así como por el arrojo de desperdicios, líquidos y sólidos en las áreas adyacentes. Además podrían generarse deslizamientos de material suelto por el uso de explosivos; en la construcción de los accesos a las ventanas para ampliar los frentes de trabajo en el túnel se originará impactos al suelo debido a que se podrían producir deslizamientos del material suelto dispuesto en las laderas de los cerros. Estos impactos estarán más asociados con la etapa de construcción.

#### Impactos a Suelos y Arbustos en la etapa de Pre inversión

Esto está referido a los impactos que se generarán, de manera muy leve por las excavaciones y perforaciones hechas en el estudio de campo en la zona de construcción del túnel.

#### Alteración del relieve del terreno.

Esto sólo concierne a los terrenos destinados a la vialidad de acceso al túnel ya que podría ser necesaria la modificación el patrón original de la topografía y de manera irreversible. La construcción del túnel como tal disminuye esta afectación, ya que la topografía no se ve mayormente afectada con el mismo, pero en su entrada y en su salida, el impacto es definitivamente evidente.

#### Aumento del escurrimiento superficial e Incremento de los índices de erosión

Con la construcción de las vías de acceso al túnel se modificarán los patrones de escurrimiento superficial. La pavimentación alterará también las

características del suelo, impidiendo principalmente el drenaje vertical, de igual forma se disminuirá la infiltración en el área no asfaltada dentro del derecho de vía, consecuentemente la velocidad del escurrimiento superficial se incrementará. Otra probable alteración a este factor es que al remover la capa vegetal el suelo quedará expuesto a los agentes erosivos modificando las características originales del mismo.

#### Alteración de la estabilidad del suelo.

Al igual que en el caso anterior, la estabilidad del suelo recibirá un impacto de carácter negativo, consecuencia del movimiento de materiales que necesariamente demanda el desarrollo de la vialidad. En el área del túnel, esto demandará atención especial para disminuir el nivel de este impacto. El uso de explosivos puede coadyuvar en la inestabilidad de laderas y posibles terraplenes.

#### Alteración de la calidad del suelo.

La calidad del suelo puede verse afectada negativamente a lo largo del trazo del proyecto, particularmente en la etapa de construcción de la vialidad, dadas las situaciones descritas anteriormente. Por otro lado los impactos ambientales esperados por la instalación y operación de campamentos están relacionados con el componente suelo por la remoción y afectación de la cobertura vegetal y por los cambios temporales del uso del suelo y sus propiedades físico químicas.

En la etapa de operación del proyecto, se contaminará el suelo contiguo a la vialidad por posibles accidentes, derrames, fugas, inadecuada

disposición de residuos, y materiales contaminantes por parte de los usuarios.

#### **4.2.1.5 Efectos En El Agua**

Hay diversos factores que alteran este indicador y se mencionan algunos como son: Los impactos esperados por las actividades de descapote, excavaciones, rellenos y adecuación de áreas, están relacionados con afectaciones a los recursos hídricos por aporte de sedimentos y residuos sólidos, además del cambio de los patrones de drenaje. De igual forma la instalación y operación de campamentos están relacionados con el componente agua por la posibilidad de contaminación debida al aporte de aguas residuales domésticas, sedimentos y lubricantes a cuerpos de agua, arrojando desperdicios líquidos y sólido.

La posibilidad de arrastre hacia corrientes superficiales y sedimentación de polvos fugitivos, partículas de suelo y residuos de vegetación generados por el desmonte, excavaciones, terraplenes, moviendo de tierras, nivelación y compactación, contribuyendo a su azolve y posible contaminación. Así mismo se modificarán los patrones de escurrimiento superficial y de drenaje natural. Posibilidad de contaminación y/o obstrucción de escurrimientos superficiales con materiales de construcción y residuos sólidos urbanos generados por los trabajadores y por los usuarios de la vialidad. Reducción de las superficies permeables disminuyendo la infiltración de agua de origen pluvial hacia el subsuelo, por ende se afectará la recarga de acuíferos; repercutiendo además en el incremento del escurrimiento superficial y mayor velocidad del mismo. Así mismo, a causa de la aceleración de la velocidad de escurrimiento en los caminos, se reduce los efectos amortiguadores de la vegetación, incrementando la cantidad de sedimentos, y contaminantes en el

agua. Esto traerá como consecuencia el deterioro de la calidad del agua superficial y posiblemente subterránea por el arrastre de sustancias contaminantes tales como químicos, metales, aceites, gasolinas y otros contaminantes generados por accidentes, fugas, derrames accidentales, etc. De vehículos que circulen por el periférico durante la etapa de operación.

#### **4.2.1.6 Afecciones Sobre El Componente Aire**

Este componente ambiental podría verse afectado por las emisiones de material particulado, gases y ruido durante las operaciones del proceso constructivo de la obra.

La emisión de gases tales como dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), hidrocarburos, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), o cualquier otro asociado a la utilización de explosivos o al uso de maquinarias.

El incremento de material particulado es otro de los efectos que se producirá en la calidad del aire; aspecto que será ocasionado por la emisión de dicho material durante el desarrollo de la obra.

La calidad del aire también podría verse afectada por el incremento de los niveles de ruido que será ocasionado por las acciones del proceso de construcción en especial el funcionamiento y tránsito de maquinaria generarán un incremento del nivel de ruido, además por el posible uso de explosivos.

La contaminación sonora y por vibraciones de un túnel es grave por la utilización de explosivos en los casos que sea necesario o por la utilización de maquinarias, por lo que el impacto acústico se hace muy severo.

#### **4.2.1.7 Efecto Social Y Sobre La Salud**

Como consecuencia de la obra se presentaran alteraciones en el ámbito social: Durante la preparación del sitio y actividades constructivas como se mencionó anteriormente se afectará la calidad del aire y por ende la calidad de vida de las personas que viven en las cercanías, particularmente en las propiedades privadas a los lados del derecho de vía. Las excavaciones, actividades de descapote, rellenos y adecuación de áreas, en algunas situaciones también tienen afectación de la calidad de vida de comunidades localizadas cerca al área de proyecto por generación de polvo y material particulado.

Por otro lado las alteraciones ambientales esperadas por la instalación y operación de campamentos con el componente social son la alteración de las costumbres y cultura de las comunidades cercanas y la demanda de mano de obra; con los recursos disponibles por el incremento en la demanda de servicios públicos, bienes y servicios.

A continuación se describirán las posibles afectaciones de la construcción de un túnel a la salud, describiendo primero los factores que las originan:

## Congestionamiento Vehicular

El congestionamiento vehicular es el factor principal en la producción de la contaminación del aire y el ruido, en el cambio en el uso del suelo y en la afectación del ambiente; es un factor principal en la afectación radical de la salud de las personas que viven en las calles y manzanas cercanas a la zona de la obra. Esto debido a que paradójicamente las nuevas rutas de vialidad creadas para reducir congestionamientos con el tiempo trasladan congestión a los sitios donde se construyen, muchas veces provocan el aumento en las distancias y en los tiempos de recorrido de los automovilistas que residen en la cercanía de estas infraestructuras y consecuentemente elevan radicalmente la producción de emisiones contaminantes en estos barrios y colonias aledañas.

En muchos casos se sufren los efectos de un fenómeno denominado "tráfico inducido" que responde a la Ley de Say: Toda oferta genera su propia demanda: las nuevas vialidades provocan nuevas demandas de transporte en automóvil y no resuelven virtualmente las existentes: los que no utilizaban el sitio para circular, ahora lo utilizan; los que lo usaban poco, ahora lo utilizan más; los que no utilizaban el automóvil ahora se ven más obligados a utilizarlo. Este tipo de construcciones atraen rápidamente nuevos usuarios que las saturan en pocos años; los congestionamientos se vuelven entonces mucho mayores a los que existían antes de su construcción, y por lo mismo se alteran radicalmente las condiciones ambientales de las viviendas en la cercanía de las mismas.

El "tránsito inducido" es el resultado obligado de la construcción de nuevas pavimentaciones: nuevas vialidades, nuevas carreteras y nuevos pasos a desnivel, puentes o túneles, etc., y se produce debido no sólo a la

alteración inmediata de las rutas y trayectos de los automovilistas, también se presenta en su fase mediata, debido a la inducción que estas obras realizan en el comportamiento de los ciudadanos para que utilicen el automóvil con mayor frecuencia y a la alteración en el uso del suelo en las zonas urbanas en la que se construyen estas grandes vialidades.

Resultando de todo esto es que el congestionamiento generado se vuelva un factor principal en el abatimiento radical de la salud y el medio ambiente de los habitantes de las calles y manzanas inmediatas a estas vialidades.

Los frecuentes embotellamientos, serán generadores de ruido y de concentraciones máximas diarias de contaminantes en el aire, en el sitio y en las calles situadas en la franja urbana alrededor del túnel.

#### Impacto por el cambio en el uso del suelo

El discurrir de un túnel a su paso por una ciudad es bastante problemático e impactante debido a los altos grados de urbanización del suelo y en algunos casos por el gran número de infraestructuras existentes.

La alteración de los precios del suelo debido a la construcción del nuevo proyecto, induce un proceso de cambio en el uso del suelo en la cercanía de la misma, proceso que se inicia antes de que se realicen las obras, con el sólo anuncio de su próxima realización, y se desarrolla a lo largo de varios años posteriores a la terminación del proyecto vial. Este proceso tiene varios efectos en las calles y manzanas en la franja urbana colindante:



Inmediata degradación de las condiciones de vida en esas viviendas debido en primer término, a las obras de construcción y luego, terminadas las obras, a la panorámica degradada, al aumento del ruido y los riesgos de seguridad, a la rápida elevación de los niveles de ruido y contaminación del aire en las nuevas contingencias que producen estas vialidades, por los nuevos congestionamientos. Asimismo la degradación de las condiciones de vida se da debido a la deforestación y pérdida de áreas verdes urbanas.

Expulsión rápida de los habitantes en esa franja, debido a la degradación de las condiciones de vida y posiblemente a la invasión de usos del suelo terciarios: transformación de muchas viviendas en oficinas, talleres, bodegas, servicios, etc. Creando a su vez abandono urbanístico de muchas calles por la mayor utilización de vehículos pesados y las frecuentes maniobras de carga y descarga de los nuevos usos del suelo. Si el nivel económico de los habitantes circundantes al proyecto es bajo, es posible que no se dé una dramática expulsión de los residentes, pues difícilmente tendrían la mayor parte posibilidades de adquirir otra vivienda en una mejor zona, pero si tendrá lugar la profundización del empobrecimiento de la calidad de vida en el área.

Una combinación de factores interviene en el cambio en el uso del suelo en una zona: primero, la elevación abrupta en los precios de las propiedades no tan cercanas a la zona de establecimiento del túnel, debido a las nuevas inversiones en vialidades y en edificaciones. Luego, en el mediano plazo, la conglomeración de actividades de comercio y servicios, las grandes manzanas, y el abrupto incremento de nuevas construcciones. Estos factores provocarán el desplome de la calidad de vida en la zona inmediata, debido al disparo de las afectaciones ambientales - inseguridad,

contaminación del aire, ruido, producción de humos y olores, basura y residuos tóxicos o peligrosos, elevación de riesgos, etc.

Las consecuencias a largo y mediano plazo implican que la posible deforestación de la zona será un elemento crucial en el incremento la contaminación del aire producida por los congestionamientos vehiculares.

Las estructuras gigantescas producen en todo el mundo condiciones ambientales muy favorables para el desarreglo y el delito. La violencia ambiental obligará gradualmente a los vecinos a no caminar por las calles y a reducir su convivencia, lo que a su vez favorecerá mayores niveles de violencia.

#### Afectaciones a la Salud

La construcción de un túnel vial además de inducir angustia y stress, aumentará los problemas de salud de los residentes en las franjas urbanas inmediatas a esta vialidad. El aumento en la contaminación del aire y los niveles de ruido mencionados antes, dispararán las enfermedades nerviosas, respiratorias, cardíacas, etc., lo que elevará los índices de morbilidad y de mortalidad por encima de la media de la ciudad. Las muertes prematuras ocasionadas por la contaminación del aire pueden ser más pronunciadas entre grupos vulnerables como niños, ancianos e indigentes.

La elevación de los riesgos de accidentes y catástrofes, el aumento en los niveles de inseguridad y el cambio en la fisonomía urbana, pueden a su vez producir un marcado aumento de las enfermedades nerviosas; pueden elevar muy significativamente el nivel de angustia, "stress", así como

enfermedades del sistema nervioso de los habitantes de las franjas urbanas inmediatas.

### Contaminación del Aire

La población directamente afectada por esta nueva vialidad sufrirá en el mediano y largo plazo enfermedades debidas a la exposición al ozono, dióxido y monóxido de carbono, y partículas suspendidas, entre otros contaminantes.

Todas esas afectaciones a la salud implicarán el incremento en las admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias; visitas a la sala de emergencia por padecimientos respiratorios; pérdida de productividad y bienestar por incapacidades; incremento en los ataques de asma; pérdida de productividad en personas que trabajan fuera del hogar debida a la atención de los niños enfermos; incremento de casos de bronquitis crónica y tos crónica en niños y adultos; muertes prematuras asociadas a una exposición aguda y/o crónica al ozono y a partículas suspendidas.

### Angustia, Stress Y Enfermedades Nerviosas

Además del aumento de las afecciones respiratorias, asma, bronquitis y perdida de productividad por enfermedad, se incrementarán los niveles de angustia, stress y enfermedades nerviosas serán desde luego significativamente más elevados en las franjas urbanas inmediatas al túnel de lo que se resentía antes de la construcción de esta nueva vialidad. Debido a la angustia, el stress o las enfermedades nerviosas derivadas de las nuevas condiciones creadas por esta vialidad, muchos vecinos de estas

franjas abandonar sus viviendas y buscaran otras zonas urbanas para residir, a gran costo emocional y económico.

#### **4.3 Recomendaciones para disminuir los impactos generados en construcciones de túneles viales**

A lo largo del desarrollo de este tipo de proyectos, parte de los objetivos principales del mismo debe ser no propiciar alteraciones ambientales significativas que pongan en riesgo la preservación de especies o la integridad funcional de los ecosistemas. Para ello durante la construcción del proyecto se deben implementar diferentes medidas de mitigación para evitar o disminuir el impacto sobre los diferentes componentes ambientales, agua, aire, suelo, flora, fauna o cualquier otro factor ambiental susceptible de recibirlo.

\* Antes del desmonte hacer recorridos para identificar los ejemplares de la vegetación que puedan ser rescatados, así como la localización de nidos para ser reubicados en una zona cercana con las mismas características.

\* Hacer el desmonte de forma paulatina para permitir que la fauna se retire del lugar y dar tiempo para que aquella de lento desplazamiento logre desplazarse lo más alejado de la zona de desmonte.

\* Colocar retornos especiales para vehículos maquinaria y equipo, evitando así retornos improvisados que puedan causar daños severos a la vegetación y a las corrientes de agua.

- \* Establecer rutas específicas de circulación así como límite de velocidad por donde deben transitar vehículos, maquinaria y equipo de construcción.

- \* En los cortes y terraplenes suavizar las pendientes, y cubrirlas posteriormente con suelo fértil y donde sea necesario se colocar malla metálica y concreto lanzado para mantener el material fragmentado y evitar la erosión.

- \* Una vez completada la construcción, implementar un programa de reforestación y rehabilitación de las áreas intervenidas en coordinación con las autoridades competentes. Así, se tratará de integrar paisajística y funcionalmente el proyecto al ecosistema natural.

- \* Para evitar la erosión será necesario restablecer la vegetación y protección del suelo con la reforestación y arroje sobre todo en las laderas, terraplenes, taludes y en las partes de entrada y salida del túnel.

- \* Respetar toda la vegetación que no se incluya en la superficie requerida para la elaboración del proyecto. Así como, dentro de la misma, dejar en pie (siempre que sea posible) aquellos individuos de mayores diámetros que no interfieran con las actividades programadas.

- \* Garantizar que la vegetación natural aledaña al derecho de vía sea protegida y en caso de afectarse sea de manera poco significativa.

- \* Ejecutar un programa de rescate de especies en estatus de conservación, endémicas y cactáceas, antes de iniciar con las operaciones de desmonte.

\* En la superficie requerida para el proyecto se poner especial atención en no afectar ni obstruir escurrimientos de agua superficial ni la vegetación asociada a estas áreas, ya que provee protección a los cuerpos de agua y amortigua los impactos generados negativos en su entorno. Estas áreas albergan gran diversidad de especies y proveen importantes hábitats a la fauna silvestre, aportando áreas de refugio, de reproducción, alimento, hidratación, entre otras, además pueden funcionar como corredores biológicos para algunas de estas especies. Por todo esto se deberán considerar todas las medidas y previsiones necesarias para no alterar estas áreas.

\* Garantizar la conclusión de la obra con limpieza y retiro de materiales y posterior a esto, en lo posible descompactar y acondicionar la superficie del derecho de vía, para promover el desarrollo de vegetación y la captación de humedad hacia el subsuelo.

\* Se recomienda establecer una barrera rompe vientos perimetral al área de afectación utilizando especies nativas, de rápido crecimiento para que proteja la vegetación aledaña y amortigüe posibles efectos adversos producidos por la operación de la obra.

\* Desarrollar un programa de reforestación, de acuerdo a las recomendaciones que las autoridades ambientales competentes consideren, con especies nativas, garantizando los cuidados post plantación, a fin de asegurar la mayor sobrevivencia de individuos posible y de ser necesario, reemplazar aquellos que no sobrevivan. Así mismo, la selección de especies y diseño paisajístico deberán corresponder a la composición florística original y en armonía con el paisaje circundante.

\* Ubicar los campamentos en lo posible en áreas que no genere riesgos sobre los recursos hídricos, ni sobre el componente forestal, ni que adicione impactos a los acumulados sobre el componente aire, con un sistema de recolección de residuos sólidos y líquidos domésticos para evitar o minimizar los impactos sobre el componente suelo. Sin permitir bajo ninguna circunstancia el vertimiento o disposición de estos tipos de residuos sobre corrientes o cuerpos de agua.

\* En relación con el componente agua, tomar las medidas necesarias dirigidas a eliminar el riesgo de su contaminación por disposición inadecuada en las corrientes de residuos domésticos e industriales o por vertimientos de líquidos de igual procedencia, sin tratamiento previo.

\* Garantizar que todos los trabajadores, obreros, operarios y demás personal laborando en los campamentos, conozcan las normas de comportamiento ambiental, especialmente aquellas relacionadas con la caza y la pesca.

\* Los trabajadores deben respetar las pautas culturales de las comunidades.

\* Se tendrá especial cuidado en impedir que se presente dispersión de materiales por acción de lluvia o el viento, para lo cual sería conveniente un sitio techado o que se pueda cubrir con lonas o plásticos, igualmente que se encuentre encerrado por lo menos por dos costados que provean protección contra el viento. Igualmente deben hacerse cunetas perimetrales en la zona de almacenamiento que drenen hacia un desarenador de manera que el

material arrastrado por las lluvias sea recolectado debidamente y no escurriendo a contaminar las fuentes de agua cercanas ni los alcantarillados.

- \* Realizar riegos durante todos aquellos trabajos que produzcan un incremento del contenido de partículas de polvo.

- \* Una obra de estas características puede exigir la apertura de nuevas canteras, con todas las molestias que generan para los vecinos: explosiones frecuentes, ruidos, polvo e incluso agrietamientos y los graves impactos medioambientales, sin embargo para las zonas de préstamos se recomienda siempre que sea posible su obtención de canteras ya existentes.

- \* En los movimientos de tierra vigilar la estabilidad de los terrenos evitando la erosión y degradación de los mismos así como minimizar el impacto paisajístico y visual.

- \* En los procesos de movimientos de tierra es fundamental que se lleve a cabo una extracción y posterior acopio de tierra vegetal para su posterior utilización en las labores de restauración.

- \* Evitar cualquier tipo de contaminación en la red fluvial que pueda afectar sensiblemente al hábitat acuático.

- \* Restauración paisajística de las canteras y vertederos que se hayan utilizado.

Así mismo la construcción de dicho tipo de obras impactará los diferentes componentes ambientales y causará un desequilibrio ecológico



irreversible y no controlado de no ser implementadas ciertas medidas de mitigación.

## **CAPITULO V**

### **CONSIDERACIONES FINALES**

#### **5.1 Consideraciones Finales**

De la identificación y descripción de los impactos que se generan en el establecimiento de este tipo de proyectos, se considera el hecho de que algunos impactos son inevitables, dado el tipo de obra que nos ocupa.

Tal es el caso de las alteraciones ocasionadas a la vegetación que se distribuye en el área considerada para la construcción, y por ende al hábitat de la fauna silvestre, así como a las alteraciones en las características y estabilidad del suelo, los impactos negativos a la atmósfera por la generación de ruidos, polvos y destrucción de microclimas, el deterioro del paisaje original, la proliferación en el área de fauna nociva y los demás impactos negativos referidos anteriormente.

Estos impactos por su origen y naturaleza no pueden ser mitigados en su totalidad, pero si se pueden efectuar medidas de prevención, mitigación, reducción y/o compensación.

En lo referente a la fisonomía de la zona por la remoción de la vegetación y las actividades constructivas, las medidas a tomar deben estar encaminadas a proteger la vegetación aledaña, respetando en lo posible individuos dentro del área, y finalmente tratar de reintegrar el área afectada al paisaje natural y restablecer sus funciones.

Dentro de las afectaciones al suelo destacan la modificación de sus características físicas y químicas, así como la pérdida de perfil natural, por la

remoción de la capa vegetal y demás actividades constructivas y de operación.

En las zonas urbanas las afectaciones a la salud de los habitantes y las molestias ocasionadas durante la construcción, debido a las demoras por cierres de calles y desvíos, e inclusive en la etapa de operación, no escapan de ser considerados dentro de los efectos a la sociedad.

Sin embargo, aún cuando los efectos negativos mencionados son de carácter ineludible, si se implementan de manera correcta medidas orientadas en ayudar al cuidado y protección del ambiente e impedir que, tanto el suelo como el agua, aire, flora y fauna, y hasta el ser humano, puedan ser contaminados o dañados de manera severa, muchos de los impactos adversos pueden ser reducidos.

Por otra parte, es importante mencionar que las acciones requeridas para el desarrollo del proyecto, también conllevan impactos positivos. Los factores sociales y económicos serán beneficiados durante el tiempo que duren las obras, dado que se generarán empleos directos e indirectos, que junto con la demanda de servicios representarán importante derrama económica.

La construcción de este tipo de proyectos, permite el acercamiento entre ciudades con tiempo de recorridos menores entre ellas, adicionalmente, con el establecimiento de túneles viales en las zonas urbanas se espera crear nuevas interconexiones para compensar la carencia de nuevas vialidades y desahogar las ya existentes, y los túneles creados para sistemas tipo metro persiguen mitigar los problemas de congestionamiento por el traslado de grandes cantidades de habitantes de un punto a otro en la ciudad

sin la utilización de los sistemas de transporte públicos comunes. En suma, de acuerdo a todo esto se considera que el desarrollo de estos proyectos genera beneficios significativos en los aspectos socioeconómicos lo que los hace técnicamente viables a pesar de los costes ambientales.

La construcción de obras de infraestructura vial ha contribuido significativamente al deterioro del medio ambiente. Afortunadamente en los últimos decenios ha avanzado la inclusión de consideraciones ambientales en los grandes proyectos de ingeniería. Queda para el ingeniero el reto de asumir, plenamente, una ética profesional que incorpore valores ambientales y que anteponga a los intereses particulares, los de la sociedad en general, haciéndose un aliado básico de la humanidad en la búsqueda de su bienestar y desarrollo económico sin afectar, o en su defecto lo menos posible, el medio que los rodea.

Es por todo lo estudiado que al igual que los análisis económicos, financieros, institucionales y de ingeniería, la evaluación ambiental debe formar parte de la preparación de un proyecto. Ligándola íntimamente a otros aspectos de la preparación del proyecto para garantizar que las consideraciones ambientales cobren su debida importancia durante la toma de decisiones referentes a la selección, ubicación y diseño del proyecto, y su realización no retrase indebidamente el procesamiento del proyecto.

## BIBLIOGRAFIA

[1] MEGAW, T. M, BARTELETT, J. V. TÚNELES. Planeación, diseño y construcción. Volumen 1. Primera edición. NORIEGA Editores. México. 1988.

[2][http://www.ceprilima.munlima.gob.pe/pro/detProyecto.asp?proy\\_id=42&lang=es](http://www.ceprilima.munlima.gob.pe/pro/detProyecto.asp?proy_id=42&lang=es) vBulletin® v3.7.1, Copyright ©2000-2008, Jelsoft Enterprises Ltd

[3]<http://carreterasvias.blogspot.com/2007/08/tuneles-conceptos-basicos.html>

[4] MERRIT, Frederick. Manual del INGENIERO CIVIL. Tomo IV. TERCERA EDICIÓN. Mc Graw Hill. México. 1988.

[5]<http://scholar.google.es/scholar?q=venezuela+y+la+%22construcci%C3%B3n+de+t%C3%A1neles%22&hl=es&um=1&ie=UTF-8&oi=scholar>

[6] Lago Pérez L. Metodología general para la evaluación de impacto ambiental de proyectos. 1997. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos14/elimpacto-ambiental/elimpacto-ambiental.shtml#glo> .

[7][www.miliarium.com/monografias/Tuneles/welcome.asp](http://www.miliarium.com/monografias/Tuneles/welcome.asp) - 747k - [es.wikipedia.org/wiki/Impacto\\_ambiental](http://es.wikipedia.org/wiki/Impacto_ambiental) - 44k

[8][http://es.wikibooks.org/wiki/Impactos\\_ambientales/Caminos\\_y\\_carreteras](http://es.wikibooks.org/wiki/Impactos_ambientales/Caminos_y_carreteras)

[9]<http://www.facingyconst.blogspot.com/2007/04/metodos-de-construccion-de-tuneles.html>

[10]<http://resistencia-moral.blogspot.com/2007/04/el-impacto-urbano-ambiental-y-sanitario.html> 25 abril 2007

[11][http://www.ecosistemas.cl/1776/articles-75767\\_recurso\\_1.pdf](http://www.ecosistemas.cl/1776/articles-75767_recurso_1.pdf)

[12]<http://www.fundicot.org/SEMINARIO%20ENERG%C3%8DAS%20RENOVABLES/AFECCIONES%20AMBIENTALES/ANGELES%20SANCHEZ.doc>

[13][http://www.ideam.gov.co/apc-aa/img\\_upload/ccf8a2325cc9292dc1cf8549cc72e8d8/Guia\\_INVIAS\\_2003.pdf](http://www.ideam.gov.co/apc-aa/img_upload/ccf8a2325cc9292dc1cf8549cc72e8d8/Guia_INVIAS_2003.pdf)

[14][http://www.minem.gob.pe/archivos/dgaae/publicaciones/estudios\\_impacto/santarita/CapituloVI\\_Evaluacion\\_Impacto\\_Ambiental.pdf](http://www.minem.gob.pe/archivos/dgaae/publicaciones/estudios_impacto/santarita/CapituloVI_Evaluacion_Impacto_Ambiental.pdf)

[15]<http://www.geocities.com/RainForest/Vines/1918/tavasc.htm>

[16][http://www.kimetz.org/main/gestion\\_news\\_show.php?id\\_noticia=754](http://www.kimetz.org/main/gestion_news_show.php?id_noticia=754)

[17][http://es.wikipedia.org/wiki/Impacto\\_ambiental](http://es.wikipedia.org/wiki/Impacto_ambiental)

[18]<http://www.apave-es.org/aerop/082.pdf>

[19]<http://www.lajornadamichoacan.com.mx/2007/05/03/index.php?seccion=municipios&article=012n1mun>

## METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

TÍTULO	“ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS DE TIPO AMBIENTAL GENERADOS EN CONSTRUCCIONES DE TÚNELES VIALES”
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
FERMÍN H. PATRICIA J.	CVLAC: 14.125.628 EMAIL: pattyfertocho@hotmail.com
ZABALA T. MARIO R.	CVLAC: 14.077.106 EMAIL: mrzt26_10@hotmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Túneles
Ambiente
Contaminación
Construcción

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	INGENIERÍA CIVIL

RESUMEN (ABSTRACT):

El objetivo de la presente investigación es Analizar los Impactos de Tipo Ambiental Generados en Construcciones de Túneles Viales. Se basó metodológicamente en un nivel documental. En consideración a esto se recolectó y estudió la información obtenida de fuentes impresas, electrónicas y/o audiovisuales. Como resultado se encontró que entre las principales afecciones ambientales, comunes a cualquier proceso constructivo, generados o inducidos por un proyecto de túnel vial, son los efectos sobre la fauna, la flora, el paisaje, el suelo, el agua, el aire así como las afectaciones sociales y sobre la salud. Luego de su identificación y descripción se consideró el hecho de que algunos son inevitables, sin embargo si se implementan de manera correcta medidas orientadas a su mitigación, muchos de los impactos adversos pueden ser reducidos. Por lo que se hace necesaria la inclusión de consideraciones ambientales en los proyectos de ingeniería de gran envergadura como el que nos compete, ligándola íntimamente a los otros aspectos de la preparación del proyecto para garantizar que cobre su debida importancia durante la toma de decisiones y no retrase innecesariamente el proceso del proyecto.



METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / EMAIL				
Ing. Esteban Hidalgo	ROL	A C	S X	A U	T U J
	CVL	12.575.113			
	AC:	E_M Ehidalgo21@hotmail.com			
	AIL	E_M			
Ing. Luís González	ROL	A C	S	A U	T U X J
	CVL	8.307.130			
	AC:	E_M lbggonzalez@hotmail.co			
	AIL	m			
Ing. Belkis Sebastiani	ROL	A C	S	A U	T U X J
	CVL	4.363.990			
	AC:	E_M belkisebastiani@hotmail.com			

	E_M AIL				
Ing. Enrique Montejo	ROL	A	C S	A U	T U X
	CVL	8.279.503			
	AC:				
	E_M AIL	emontejo@cantv.net			
	E_M AIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2	1	
008	0	16
A	M	D
ÑO	ES	ÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:  
ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
MONOGRAFIA.TUNELES.FERMIN-ZABALA.DOC	APPLICATION/MSWORD

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F  
G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t  
u v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: "ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS DE TIPO AMBIENTAL  
GENERADOS EN CONTRUCCIONES DE TÚNELES VIALES"

TEMPORAL: Seis (6) Meses

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:  
INGENIERO CIVIL

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:  
PREGRADO

ÁREA DE ESTUDIO:

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

INSTITUCIÓN:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE/ NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo al Artículo 57 del Reglamento de Trabajo de Grado:

“Para La Aprobación Definitiva De Los Cursos Especiales De Grado Como Modalidad De Trabajo De Grado, Será Requisito Parcial La Entrega A Un Jurado Calificador, De Una Monografía En La Cual Se Profundice En Uno O Mas Temas Relacionados Con El Área De Concentración”

<hr/> Fermín, Patricia AUTOR	<hr/> Zabala, Mario AUTOR	<hr/> Hidalgo, Esteban TUTOR
<hr/> González, Luís JURADO	<hr/> Sebastiani, Belkis JURADO	<hr/> Montejo, Enrique JURADO

POR LA SUBCOMISION DE TESIS

YASSER SAAB