

**Los Explosivos: Un Componente Estratégico En El Desarrollo Del Sistema Vial
Colombiano**

Jairo W.Vargas Mendoza

Universidad Militar Nueva Granada

Facultad De Ingeniería Civil A Distancia

Tutora. Ing Margarita R. Pérez Castro

AGOSTO 05 DE 2021

Contenido

Resumen **4**

Introducción **5**

Antecedentes **6**

Desarrollo **8**

Conclusiones **15**

Referencias **17**

Índice de tablas

Tabla 1 - Comparativo de la construcción de túneles en las vías 4G en Colombia **11**

Índice de figuras

Figura 1 - Integración de métodos explosivos y de excavación para el desarrollo de túneles 4G en Colombia **13**

Los Explosivos: Un Componente Estratégico En El Desarrollo Del Sistema Vial

Colombiano

Resumen

La evolución de los explosivos ha permitido que estos elementos sean hoy en día grandes instrumentos de trabajo en diferentes áreas como el uso industrial, militar y la infraestructura, principalmente en la minería y en la construcción de obras civiles. Actualmente, los explosivos son de gran ayuda en la ingeniería de túneles e ingeniería de vías, debido a que, minimizan trabajos con alto grado de complejidad como la voladura de rocas y las excavaciones. En Colombia, se utilizan exitosamente los explosivos en la construcción de túneles, caisson, zapatas, edificaciones y canteras; entre otros. Algunos de estos explosivos son fabricados en el país por (Indumil), que es la entidad encargada de fabricar y distribuir explosivos y agentes de voladura por mandato constitucional; además de la industrial nacional, también existen otras empresas de origen internacional como la Australiana (Orica) que es el mayor proveedor de explosivos comerciales y sistemas de voladura en el planeta. Los explosivos ofrecen grandes ventajas como bajos costos de operación, rendimientos en las actividades propias de excavación y voladuras, asimismo una eminente seguridad en su manejo. Los explosivos son sin lugar a duda el presente y futuro de la ingeniería de vías, en especial en la tunelería en Colombia.

El objetivo principal de este ensayo es evidenciar el uso o no uso de explosivos en la construcción de este tipo de pasos subterráneos; igualmente dar conocer algunos de los túneles construidos y en construcción en el país, a través del programa de infraestructura vial 4G.

Palabras Claves: Explosivos, sistema vial terrestre, topografía colombiana, obras civiles.

Abstract

The evolution of explosives has allowed these elements to be great working instruments today in different areas such as industrial, military and infrastructure use, mainly in mining and in the construction of civil works. Currently, explosives are of great help in tunnel engineering and road engineering, because they minimize jobs with a high degree of complexity such as rock blasting and excavations. In Colombia, explosives are used successfully in the construction of tunnels, caissons, footings, buildings and quarries; among others. Some of these explosives are manufactured in the country by (Indumil), which is the entity in charge of manufacturing and distributing explosives and blasting agents by constitutional mandate; In addition to the national industrial company, there are also other companies of international origin such as Australia (Orica), which is the largest supplier of commercial explosives and blasting systems on the planet. Explosives offer great advantages such as low operating costs, performance in excavation

and blasting activities, as well as eminent safety in handling. Explosives are without a doubt the present and future of road engineering, especially in tunneling in Colombia.

The main objective of this essay is to demonstrate the use or non-use of explosives in the construction of this type of underground passages; also make known some of the tunnels built and under construction in the country, through the 4G road infrastructure program.

Key Words: Explosives, land road system, Colombian topography, civil works.

Introducción

El desarrollo evolutivo de la construcción en interrelación con el desarrollo económico y social de las naciones ha generado la planeación estratégica de la infraestructura civil, donde la proyección actual se basa en las vías 4G como respuestas asertiva a las exigencias del mercado y posicionamiento geopolítico de los países bajo un enfoque regional de comercio. Ciertamente, este escenario requiere comprender a los explosivos al igual que muchos inventos modernos, los cuales han sido implementados en diversos campos de aplicación muy diferentes al uso militar, como en la construcción de obras civiles, debido a esto, hoy en día se habla de explosivos militares y de explosivos comerciales (Escuela de Ingenieros Militares, 2018). En consecuencia, ya los explosivos se posicionan como una herramienta de trabajo con fines comerciales, que desde la construcción civil tienen un potencial significativo en cuanto a gestión y calidad en las obras.

Asimismo, los explosivos comerciales y sus accesorios han tenido un gran avance, logrando evolucionar hasta el punto de pasar de ser peligrosas sustancias a ser hoy en día inapreciables herramientas de trabajo, que brindan, además, condiciones muy seguras de manejo (Comando Infanteria Marina De Colombia, 2002) .En tal sentido, los países desarrollados y ciertos medios

de comunicación muestran cómo los explosivos en manos de expertos y profesionales son una herramienta importante y trascendental para el desarrollo de diferentes obras civiles, como por ejemplo, los túneles. Por consiguiente, desde este contexto se presenta el siguiente ensayo con el fin de comprender de manera estratégica la aplicación de los explosivos en Colombia, desde un enfoque de desarrollo estratégico en la construcción de las vías 4G para el impulso económico del país de manera regional.

De tal manera que en este escrito se busca principalmente demostrar y evidenciar el planteamiento; ¿si en Colombia es necesaria la utilización de explosivos para la construcción de túneles carreteros?

Antecedentes

Considerando el impacto representativo de esta metodología de construcción en el territorio colombiano por la relación con diversos factores, por ello, el presente documento de investigación analítico acerca del uso de los explosivos en el sistema vial carretero de Colombia, aborda los siguientes son artículos científicos que reúnen información detallada sobre los explosivos y su uso, como sustentación cronológica del tema.

(Romero Naranjo, 2009) en su trabajo, Manual técnico para el uso de explosivos utilizados en voladuras a cielo abierto en vías terrestres. Se centró en la elaboración de un manual que sirva de guía para la utilización de explosivos en los trabajos que se ejecutan en la construcción de vías terrestres, considerando los diversos factores que se puedan presentar en el terreno. Asimismo, analiza un estudio de los explosivos, las diferentes clases de dinamitas existentes en el mercado; sus características físicas, una comparación de las dinamitas con las

emulsiones y anfos. Los agentes de voladuras, proceso de perforación, diseño de las mallas, las características del macizo rocoso, y resultados de la voladura en fragmentación, ruido, proyecciones y vibraciones. Un estudio de las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, con la selección de rocas para voladuras, la geología y sus efectos en la voladura, los factores relacionados con la distribución de la carga explosiva, entre otros.

Concluyendo en la propuesta de ejecución de los explosivos desde la caracterización de Colombia de manera topográfica y la interrelación de estos con los diferentes factores para poder así lograr los objetivos deseados bajo el enfoque de calidad que se mantiene en la construcción civil del país. Siendo un referente de suma importancia en la comprensión del uso de los explosivos, así como en la evolución de la construcción civil desde la optimización de procesos.

(Quinde, 2020) En su artículo, *Explosivos para minería: creando espacio ante los obstáculos*, plantea la labor de la extracción del mineral puede verse interrumpida por rocas de tal dureza que no pueden ser retiradas de forma tradicional o con herramientas mecánicas, de ahí la importancia del uso de explosivos que permiten fragmentar las rocas debido a la detonación que puede ser de muy alta velocidad o presión, según el tipo de explosivos. Siendo un referente de suma importancia en la comprensión de los explosivos en la construcción de vías 4G en Colombia, en relación con la topografía y la disminución de impactos negativos en el proceso.

Asimismo, (Huertas Pineda, 2016), en su trabajo, *Procesos Constructivos Para Túneles Viales Desarrollados En Colombia*. Describe los procesos de construcción en Colombia, desde el amplio crecimiento en el número de metros diseñados y contratados para obras subterráneas ha sido de gran aporte para mejorar muchas regiones económicamente, ubicando al país entre los líderes de la región que más trabajan en este tipo de desarrollos viales como son: Argentina,

Brasil, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá y Perú. Comprendiendo así los retos e innovaciones que ha desarrollado Colombia en la metodología de explosivos para poder posicionarse estratégicamente en materia de construcción civil en la región.

Por último, (Osorio, 2020). En su artículo, *Túneles en Colombia: Una infraestructura en desarrollo*. Plantea que Colombia es un país en el cual la mayoría de los núcleos urbanos están situados en zonas de montaña, razón por la cual sus habitantes requieren utilizar vías que discurren entre valles y montañas para sus desplazamientos. En consecuencia, permite comprender la implementación de los túneles desde las diferentes necesidades en el territorio colombiano, así como la demanda de métodos eficaces para la calidad de las obras y la disminución de riesgos e impactos, bajo un enfoque sostenible que brinde beneficios de manera colectiva.

Desarrollo

La dinámica actual genera un escenario para el desarrollo de estrategias y propuestas que se adapten a las demandas del mercado, así como a las necesidades comerciales, productivas y sociales. Desde el caso específico de Colombia se ha buscado generar diversas estrategias en materia de innovación y transformación tecnológica, considerando las diferentes problemáticas sociales y ambientales que se presentan.

Una de ella es el desarrollo de vías como medios de comunicación e integración territorial para el desarrollo productivo y económico de las localidades. Es tal la importancia de la articulación vial, que paralelo a lo que Colombia adelanta, se desarrollan dos iniciativas que buscan articular la movilidad de mercancías en centro y sur América. (Saldarriaga Gallón & Álvarez Franco, 2017) Por lo tanto, no solamente se abarcan los beneficios multidimensionales a nivel nacional, también

se abordan los beneficios en el comercio internacional y la facilidad de intercomunicación entre los países de la región.

El desarrollo de las vías de cuarta generación en Colombia tendrá como finalidad, generar competitividad para enfrentarse a mercados mundiales incentivando así a los comerciantes a intercambiar sus bienes y servicios con mayor facilidad y mejorar los tiempos, reduciendo costos de tránsito de personas y de mercancías (Rojas Ardila, 2016).

En tal sentido, ante la dinámica económica y productiva de Colombia, la proyección desde el sector de infraestructura se conjuga con el desarrollo de modelos sostenibles que permitan integrar, efectividad en la gestión operativa, calidad en el producto final, menor impacto social y ambiental, y el mayor aprovechamiento. Por consiguiente, Colombia se enfocó en las vías de cuarta generación como una oportunidad específica para el avance en materia de infraestructura, la cual permite el desarrollo económico de manera integrada con los países de la región, planteando el desarrollo de túneles, vías, aeropuertos, entre otros. Considerando la demanda y exigencia tanto del mercado, como de las normativas internacionales.

De acuerdo a la (Agencia Nacional De Infraestructura, 2021) De 25,71 billones de pesos totales de inversión, cerca de 17,91 billones se ejecutaron entre Agosto de 2018 y Marzo de 2021. Las vías 4G en Colombia han sido un gran avance, así como un proyecto de actualización en materia de construcción, así como en sostenibilidad, donde se abordan tanto los factores, operativos, como los riesgos, e impactos. Actualmente, ante este proyecto 4G en Colombia, se ha tenido un comportamiento eficaz en la construcción de túneles, que permiten la interconexión de localidad y la facilidad en el flujo transitorio para el desarrollo económico.

Asimismo, desde este enfoque de innovación y desarrollo se debe considerar que la topografía del territorio colombiano presenta diversas formas, destacándose cuatro principales morfo-estructuras que son: el sistema montañoso de los Andes, el sistema montañoso periférico al norte del país, los valles interandinos y, las llanuras orientales y surorientales. La geología del país marcada por diversos eventos tectónicos y variedad de rocas, cómo son rocas vulcano-sedimentarias, unidades metamórficas de grado bajo, un complejo polimetamórfico, constituido por neises, metasedimentitas, anfolitas; rocas plutónicas básicas y ultra-básicas y de afinidad oceánica.

Donde las montañas son un factor dominante que afecta las condiciones de vida y el comercio. Este aspecto impacta el transporte haciéndolo muy difícil y costoso y esto ha afectado la consolidación de la nación (Urrutia Montoya, 2012) De igual manera, el país posee un territorio muy diverso y en su mayoría rudo, lo cual, plantea verdaderos retos a la ingeniería, especialmente en la ingeniería de túneles.

Son muchos los aportes que los explosivos pueden dar en trabajos de obras viales, principalmente cuando dentro del sistema vial se requiere de la construcción de túneles, debido a que, en la etapa de perforación del túnel los explosivos juegan un papel protagónico. En Colombia ya se tienen antecedentes del uso exitoso de explosivos en ingeniería de túneles y algunos ejemplos de ello son: el túnel de la Línea (8.652 m de longitud), el túnel del Oriente (8229 m de longitud), el Túnel de Occidente (4.603 m de longitud). Para la construcción de estos túneles, se emplearon grandes cantidades de explosivos que permitieron remover toneladas de roca mediante detonaciones controladas. Siendo así un referente de suma importancia para la construcción de las vías 4G, donde la implementación de explosivos y métodos sostenibles han brindado calidad en los resultados de los proyectos.

De acuerdo a la (ANI, 2020) Estos son los túneles en las 4G:

Proyecto 4G	Ubicación	Cantidad de túneles	Utilización de explosivos		Método empleado	Alternancia
			Si	No		
Autopista al mar	Medellín , Antioquia	1	x		Austriaco	Excavación y perforación
Autopista al mar 2	Cañas gordas – Necoclí, Antioquia	17	x		Austriaco	Excavación y perforación
Autopista conexión al pacífico	Suroeste Antioqueño	4	x		Austriaco	Excavación y perforación
Autopista conexión al pacífico 2	Antioquia	2	x		Austriaco	Excavación y perforación
Autopista conexión al pacífico 3	Caldas, Risaralda y Antioquia	2	x		Austriaco	Excavación y perforación
Vías del Nus	Occidente Antioqueño	2	x		Austriaco	Excavación y perforación
Yondó	Bucaramanga	2	x		Austriaco	Excavación y perforación
IP Chirajara - Fundadores	Bogotá - Villavicencio	6	x		Austriaco	Excavación y perforación
Girardot – Ibagué – Cajamarca	Bogotá	6	x		Austriaco	Excavación y perforación
Pamplona	Cúcuta	2	x		Austriaco	Excavación y perforación
Girardot	Bogotá	4	x		Austriaco	Excavación y perforación
Mulaló – Loboguerreros	Valle del Cauca	5	x		Austriaco	Excavación y perforación
Transversal de SISGA	Cundinamarca, Boyacá, Casanare	15	x		Austriaco	Excavación y perforación

Fuente: Elaboración propia – (ANI, 2021)

En consecuencia, cifras significativas en el abordaje del proyecto de infraestructura 4G, asimismo, la construcción de estos túneles ha sido un reto complejo para el Estado, considerando la gestión de los mismos, desde el estudio topográfico y territorial, hasta la evaluación de los

medios necesarios para garantizar la calidad de los mismos bajo el enfoque de sostenibilidad que se mantienen en el desarrollo de las vías 4G en Colombia. Asimismo, comprender el desarrollo de túneles en las vías 4g en Colombia ha abarcado un complejo trabajo, el cual integra el uso de explosivos con métodos sostenibles, así como con alternancias que ayudan y facilitan el desarrollo de las obras. En este caso, el método austriaco en conjunción con la excavación y perforación, con el fin de delimitar estándares de calidad que permitan disminuir el impacto topográfico, ambiental y social.

En la actualidad, en el túnel se adelantan obras de excavación a través de detonaciones controladas que se soportan inmediatamente con arcos de cercha de acero, concreto lanzado reforzado con mallas metálicas y pernos de anclaje. No obstante y previo al inicio de las obras de construcción con explosivos, representantes de la ANI, la Interventoria y el Consorcio Vial Helios han tenido varias sesiones de socialización con las comunidades aledañas al proyecto. (ANI, 2017)

En tal sentido, uno de los temas de mayor debate desde la construcción de los túneles bajo la modalidad 4g, es la detonación a través de explosivos, considerando la repercusión tanto de manera topográfica, como en el desarrollo social, y la preservación del medioambiente. Es así, como desde la ANI y las instituciones estatales se implementaron prácticas asertivas en el desarrollo de la detonación, disminuyendo los diversos riesgos, así como los resultados finales en la obra.

Figura 1

Integración de métodos explosivos y de excavación para el desarrollo de túneles 4G en Colombia (fuente-libre).



Así mismo, se tiene diversidad de explosivos para la construcción de túneles 4g en Colombia, los cuales dependerán de la dureza de la roca, la topografía del lugar, así como la estabilidad del suelo donde se esté ejecutando el proyecto. Se pueden encontrar en condiciones: muy dura, dura, medianamente dura o blanda, el consumo específico de explosivos es proporcional a la resistencia. (Huertas Pineda, 2016) En tal sentido, para ello se debe ejercer un estudio del suelo, condiciones atmosféricas, y el impacto general de la obra en el entorno cercano.

También y de acuerdo a (Huertas Pineda, 2016) en las vías 4G en Colombia existe un plan de detonación, el cual responde a la voladura, o etapa donde ya realizada la perforación se procede a detonar; y la retirada, en la cual se quitan todos los escombros para proceder ya sea con excavación, o en su efecto otra detonación. Todo dependerá de las condiciones del terreno y la dureza de la roca con el fin de obtener resultados óptimos. Sin embargo, ante el avance tecnológico y sostenible en la gestión de infraestructura, se ha implementado el método austriaco como estrategia de calidad, efectividad y disminución de impacto.

Consiste en la integración del terreno en contorno a la excavación en el anillo estructural auto soportante formado entorno a la cavidad. El propósito de este método es llevar el estado tensional del macizo rocoso entorno al túnel hasta un punto de equilibrio en que el sostenimiento controla las deformaciones que se presenten. Esto se realiza a través de técnicas de auscultación y medida de convergencias, para controlar las deformaciones en todo momento y evitar que estas sean excesivas y de tal forma construir el túnel minimizando costos y generando más seguridad. (Huertas Pineda, 2016)

Este nuevo método de explosión plantea la gestión de la construcción bajo estándares lógicos que garantiza la calidad en los resultados finales. Para ello el equipo de proyecto debe reconocer los niveles de dureza de las rocas o el macizo, desarrollar las medidas permitentes de acuerdo a la información recabada, delimitar las curvas y realizar los requerimientos previos, emplear los recursos oportunos para el desarrollo del proyecto, así como en la disminución del impacto, todo ello permite comprender el proceso de manera sistemática e integral, que emprende un proceso optimizado, que también se conjuga con los demás métodos.

El método constructivo empleado hace que el propio terreno forme un anillo de descarga en el contorno de la excavación, reduciendo las presiones que actúan sobre el sostenimiento. Muchos califican como un sistema apropiado para rocas competentes pero la realidad es que, si se observa cuidadosamente su clasificación, espesores y comportamiento del sostenimiento, se puede emplear satisfactoriamente en terrenos con cierto grado de alteración. (Monrroy Monrroy D & Rodríguez Rodríguez J, 2016)

En consecuencia, la demanda sostenible de la dinámica actual plantea la aplicación de métodos que brinden mayor calidad de manera multidimensional, donde el método austriaco permite

emplear cálculos, evaluaciones, impacto, entre otros factores que determinen la viabilidad de la utilización de efectivo. Una de sus ventajas ha sido el empleo en todo tipo de terreno, el cual brinda resultados efectivos en cuanto a los objetivos del proyecto, y disminuye los impactos tanto tectónicos como ambientales, considerando la significancia que puede tener desde el desarrollo social de las comunidades aledañas.

Conclusiones

Desde el nuevo enfoque infraestructural en Colombia, tanto el Estado como el sector privado en el gremio de la construcción, se evalúa el comportamiento de los explosivos desde diferentes ámbitos, considerando la afectación al medio ambiente y su incidencia con las comunidades, o sociedad en general. Asimismo, se articula con los involucrados con el fin de plantear soluciones que promuevan el desarrollo local desde un enfoque sustentable y sostenible, ofreciendo beneficios para todos colectivamente.

Partiendo de lo anterior, estos conocimientos derivan de las proyecciones del Estado en el desarrollo de proyectos en vías 4G para el desarrollo económico y productivo del país, es decir, a través de él se pueden emplear investigaciones que lleven a la innovación de la mano de la tecnología, el cual ofrece oportunidades en la gestión operativa y estándares de calidad adaptados a las exigencias globales, y por otra parte, genera beneficios para la comunidad en general de manera multidimensional. Es decir, es un espacio oportuno para recrear contextos de necesidad y aumentar las capacidades de respuesta en relación de las exigencias del mercado, así como el desarrollo de una cultura en crecimiento y de mejora, a través del aprovechamiento de las nuevas tecnologías y métodos de construcción con explosivos.

De igual manera, debido a las características topográficas con las que cuenta Colombia se ha dificultado el afianzamiento de un sistema vial terrestre, sin embargo, con la ayuda de los explosivos se han hecho grandes avances en las vías colombianas. El precio asequible, la facilidad operativa, la seguridad en el manejo y manipulación son algunas de las ventajas que ofrecen los explosivos comerciales modernos como el Indugel AP y las Emulsiones. Por lo tanto, para lograr atravesar las cordilleras y montañas del país es necesario construir una red vial con gran cantidad de túneles, contar con explosivos facilita el trabajo pesado y permite acortar los tiempos de ejecución de grandes proyectos viales que se encuentran en ejecución y los proyectados como lo son los 4G y 5G.

Por último, es de resaltar que esta noción de responsabilidad sustentable y sostenibilidad, se basa en una nueva cultura política y estratégica, que responde a una proyección a futuro. Es decir, si se trabaja directamente desde un enfoque en calidad constructiva no solamente desarrollarían propuestas en infraestructura y beneficios en pro de los efectos negativos que ya existen, sino que se les brindan una oportunidad de crecimiento y empoderamiento sostenible en el tiempo a través de los resultados, como en el caso de Colombia en la construcción de vías 4G y el crecimiento de esta propuesta debido a su impacto económico y social.

Referencias

Escuela de Ingenieros Militares. (2018). *Manual de Explosivos*. Bogota.

Comando Infanteria Marina De Colombia. (2002). *Manual Explosivos y Demoliciones*. Colombia: Infanteria Marina De Colombia.

Escuela de Ingenieros Militares. (2018). *Manual de Explosivos*. Bogota.

Romero Naranjo, F. R. (2009). *Manual Tecnico Para El Uso De Explosivos Utilizados En Voladuras A Cielo Abierto En Vias Terrestres*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/178589871/Maestria-37-Romero-Naranjo-Francisco-Ruben>

Quinde, B. (28 de Diciembre de 2020). <https://www.rumbominero.com/revista/informes/explosivos-para-mineria-creando-espacio-ante-los-obstaculos/>.

Huertas Pineda, P. F. (2016). *Procesos Constructivos Para Túneles Viales Desarrollados En Colombia*. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2444/Huertaspablo2016.pdf?sequence=1>.

Osorio, J. D. (2020). <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/tuneles-en-colombia-una-infraestructura-en-desarrollo>.

Saldarriaga Gallón, S., & Álvarez Franco, D. (2017). *Importancia De Las Vías De Cuarta Generación En El Desempeño Del Comercio Exterior En Colombia En El Periodo 2008-2017*. Medellin.

Rojas Ardila, D. M. (Septiembre de 2016). *Desarrollo Vial En Colombia Y El Impacto De Las Vías De Cuarta Generación*. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/14893/rojasardiladiana;jsessionid=460B26F36B98F8817B3917B7E11EA68D?sequence=3>

Agencia Nacional De Infraestructura. (19 de Abril de 2021). <https://www.ani.gov.co>.

Recuperado el 03 de 05 de 2021, de <https://www.ani.gov.co/proyectos-de-4g-alcanzan-un-5404-de-avance-y-ya-superan-la-cifra-de-100-mil-empleos-generados>

Urrutia Montoya, M. (2012). *Colombia Manual Comercial E Industrial* (II ed., Vol. III). Bogotá, Colombia: Nomos S.A.

ANI. (2020). *www.ani.gov.co*. Túneles Más Seguros Y Eficientes En Los Proyectos 4G.

Obtenido de <https://www.ani.gov.co/tuneles-mas-seguros-y-eficientes-en-los-proyectos-4g>

ANI. (2017). *www.ani.gov.co*. Con Detonación Controlada Avanza La Construcción Del Túnel 8 De La Ruta Del Sol Sector I.

Obtenido de <https://www.ani.gov.co/con-detonacion-controlada-avanza-la-construccion-del-tunel-8-de-ruta-del-sol-sector-i>

ANI. (2021). *www.ani.gov.co*. Ficha de vías 4g en Colombia

Obtenido de <https://www.ani.gov.co/carreteras-0>

Monrroy M, Dinael; Rodríguez R, Jaime O;. (13 de Mayo de 2016). Estado Del Conocimiento De Los Procesos Constructivos En Proyectos Tuneleros Dentro Del Contexto Colombiano.

Obtenido de

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/7840/1/PROYECTO%20DE%20GRADO%20DOCUMENTO.pdf>

Huertas Pineda, P. F. (2016). Procesos Constructivos Para Túneles Viales Desarrollados En Colombia. Bogotá.

Obtenido de

<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/2444>