

RESUMEN

El informe sobre el proyecto “corredor Bogotá- Buenaventura (Túnel de la Línea)” tiene como fin obtener la información necesaria sobre los progresos y dificultades que se han tenido a lo largo del cronograma desarrollado por los diferentes profesionales que avanzan en el desarrollo del proyecto, con la primera fase ya completada (Túnel piloto) y la fase II (Túnel principal y doble calzada Calarcá- Cajamarca), que en este momento se están ejecutando para la finalización del proyecto, el cual trae como consecuencia el ahorro en gastos como el combustible y el mantenimiento de los vehículos automotores que por allí transitan, la reducción en el tiempo de viaje, y el mejoramiento del comercio del país y departamentos que se ven beneficiados con este proyecto.

Palabras Claves: Cronograma, túnel, proyecto

Atravesaremos la Cordillera Central en automóvil

Corredor Bogotá - Buenaventura, “Túnel de la Línea”

Por:

ÓSCAR FABIÁN ARIAS BARÓN

Estudiante de Ingeniería Civil,
Universidad Santo Tomás, Seccional Tunja
oscararias_07@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Gran parte de la economía del país depende del transporte de mercancías, sector que se ha visto afectado debido al alza de productos como el combustible, peajes e insumos para el buen funcionamiento de los vehículos de carga que transitan por los corredores viales del país, a causa de la inflación; es por eso que en los últimos años se han venido desarrollado grandes obras de ingeniería, como lo es el Túnel de la Línea, el cual forma parte del proyecto “corredor Bogotá-Buenaventura” con una longitud de 503 Kms, y con el cual se deben agilizar y reducir los costos del transporte de mercancías, el tiempo de viaje y la comodidad de los viajeros; entre la capital del país y Buenaventura.

El presente artículo está encaminado a la búsqueda de progresos y dificultades que ha presentado este proyecto a lo largo de toda su ejecución, teniendo en cuenta los informes presentes en el sitio Web del INVIAS (www.invias.com) y los artículos presentes en

diferentes periódicos y revistas de información, con el fin de presentar una información fácil de interpretar y entender por parte de los lectores. Así mismo, se presentará una descripción general pero muy concisa del trabajo desarrollado por el personal a cargo del desarrollo del proyecto.

2. GENERALIDADES

El que haya o no un túnel en un determinado lugar de una carretera es, ante todo, una cuestión de topografía, de que exista un obstáculo que al ser atravesado permita ahorrar longitud de trazo, guardando los requerimientos adecuados de curvatura y pendiente.

Según profesionales con mucha experiencia en la construcción de vías de transporte, el túnel es una estructura de construcción peligrosa e incierta, pese a los avances que sus técnicas han experimentado en los últimos años, pero constituyen una forma de progreso para la economía del lugar en el que sea construido.



Fuente Fotográfica:
<http://www.conconcreto.com/Default.aspx?tabid=58&idProyecto=1>

En los túneles, mucho más que en otras estructuras de vías terrestres, ocurren situaciones no previstas por la exploración y los estudios previos, que hacen aparecer montos adicionales muy importantes de trabajo, tiempo y dinero, que trastornan los programas de construcción y provocan dificultades sociales y políticas; naturalmente, estos riesgos serán tanto menores en cuanto mayor sea la exploración de la zona en donde se construirá el túnel.

El revestimiento de un túnel se imagina muchas veces como un elemento rígido en contacto más o menos continuo con el material que lo rodea. Esta es una visión limitada, pues hay casos en que otros tipos de elementos de soporte tales como anclajes, bastan para resolver el problema y hay otros en que el material en que se excava el túnel es capaz de sostenerse por sí mismo.

El primer requisito para tener un túnel satisfactorio, es que pueda construirse en forma segura, de manera que permanezca cumpliendo sus funciones por sí mismo o con

ayuda de un revestimiento. El segundo requerimiento será que la construcción no cause daños a estructuras vecinas y una tercera condición que debe cumplir un túnel satisfactorio, es que sea capaz de permanecer durante toda su vida de servicio a cubierto de las influencias a que pueda quedar sujeto, como la presión de la tierra que está por encima de este. [2; 6; 7]

3. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

El proyecto cruce de la cordillera Central – Túnel de La Línea forma parte del proyecto “Corredor Bogotá – Buenaventura”, el cual es un proyecto estratégico para la infraestructura y el desarrollo socio-económico del país, al hacer parte del corredor de comercio más importante de la nación, la vía Bogotá – Buenaventura; un eje por donde se moviliza el 45% de la carga que ingresa y sale del país, obteniendo grandes beneficios para la economía del país como disminución en los costos de operación, menores tiempos de viaje, reducción en accidentalidad, todo esto con el fin de disponer de un corredor más competitivo

para el comercio internacional, entre otros; con un costo inicial estimado en US\$1 Billón. El corredor parte de una longitud de 512 Km, la cual se espera reducir a 503 Km una vez concluidas todas las obras del mismo.

El Ministerio de Transporte impulsó la realización de este importante proyecto, analizando las diferentes opciones que permitieran realizar tal obra con costos bajos, menor cantidad de tiempo y bajo la mejor alternativa técnica, tales como el consorcio constructor de la obra, los frentes de excavación, el personal de trabajo adecuado, entre otros; por lo que finalizados los estudios del túnel INVIAS, en conjunto con el Ministerio de Transporte, realizó un foro técnico con la participación de expertos internacionales provenientes de todas las partes del mundo especialmente de Europa y de Japón en temas para el diseño de un túnel.

riesgos geológicos eventuales y la evaluación de diferentes métodos de construcción desarrollados en el estudio de este proyecto, se consideró necesario adelantar inicialmente la Fase 1 (Túnel piloto) (ver Fig. 4), que servirá a su vez de exploración geológica y geotécnica del área de trabajo.

El riesgo en la construcción del túnel de la línea fase II se disminuye notoriamente, con la ejecución de la fase I, ya que esta proveerá las bases para la ejecución de la segunda parte con la información de los valores geológicos, geotécnicos e hidrogeológicos para un diseño y construcción económicos y optimizados del túnel principal, así como un importante efecto pre-drenaje del macizo rocoso para la excavación del mismo; es por esto que se decidió que la fase I del túnel de la línea en un contrato de construcción separado de la fase II y usar la información obtenida durante su

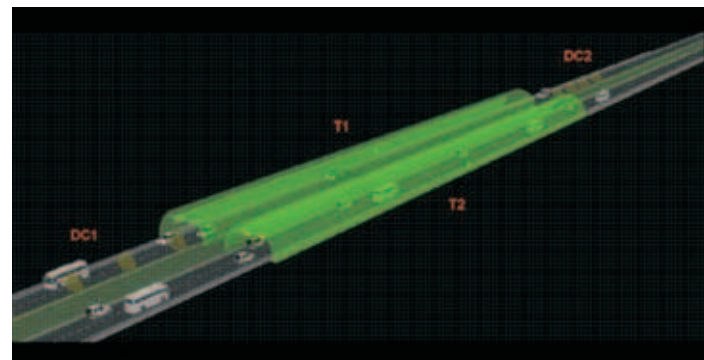


Fig. 1. Tramos Túnel de la línea. Tomado de [4].

El proyecto del corredor Bogotá – Buenaventura está constituido por 4 tramos (ver Fig. 1):

- Tramo 1 Buenaventura – Buga.
- Tramo 2 Buga – la Paila (en concesión).
- Tramo 3 La Paila – Armenia – Ibagué (del cual hace parte el Túnel de La Línea).
- Tramo 4 Ibagué – Bogotá.

El túnel de la Línea y sus obras anexas forman parte del tercer tramo (La pila-Armenia- Ibagué), el cual cuenta en la actualidad con una longitud de 45 Km., los cuales con la finalización del proyecto serán reducidos a 36 Km. de trayecto.

Con las experiencias recogidas en las licitaciones anteriores, la necesidad de minimizar los

ejecución para los documentos de la propuesta y del proyecto de la fase II [4;5].

del presupuesto oficial que establecía \$703.000 millones para la obra, por lo que el Ministro de Transporte, Andrés Uriel Gallego Henao y el Director de INVÍAS, Daniel García Arizabaleta, manifestaron satisfacción [1; 3; 4].

5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO.

El lugar en donde actualmente se desarrollarán las obras del proyecto “corredor Bogotá-Buenaventura” se encuentra ubicado en la parte central de la república de Colombia y conecta a los departamentos de Tolima y Quindío, haciendo parte de la troncal Bogotá-Buenaventura, en el tramo Armenia - Ibagué, cruce de la cordillera central.

El portal inferior (ver Fig. 2), llamado Galicia, inicia a 11 Km. aproximadamente del municipio de Calarcá y a 16 Km. de la ciudad de Armenia, capital del departamento del Quindío, a una elevación aproximada de 2.422 m.s.n.m. El portal superior, llamado Bermellón, se encuentra a 16Km de Cajamarca y a 37.8 kilómetros de la ciudad de Ibagué, capital del departamento de Tolima, a la elevación de 2.505 m.s.n.m.

Cabe anotar que el acenso, en lo que respecta a Calarcá, se inicia a 1.536 m.s.n.m., que es la altura a la cual se encuentra el municipio de Calarcá; para llegar a los 2.422,54 m.s.n.m. que es la altura del Portal Galicia (ver Fig. 2).

Los principales trabajos por ejecutar son la excavación y pre soporte del Túnel Piloto, así como la ejecución de las exploraciones geotécnicas que permitan ajustar el diseño del túnel principal, también la cons-

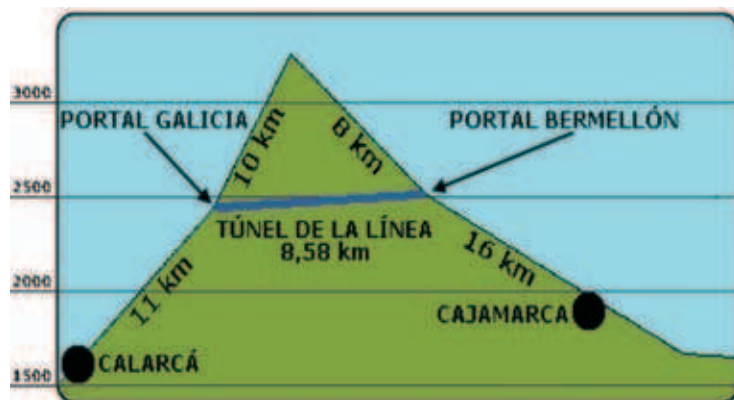


Fig. 2. Portales Galicia y Bermellón, ubicación del Túnel de la línea. Tomado de [3].

trucción y ejecución de las vías de acceso; todo de conformidad con el ajuste del diseño, las cantidades de obra y actualización del presupuesto para la construcción del túnel de rescate del Túnel de la Línea – fase I elaborado por el consorcio la Línea. [1; 3; 4]

6. BENEFICIOS DEL PROYECTO.

Entre los beneficios del proyecto se encuentran; menor tiempo de viaje debido y trayecto, reducción en la accidentalidad y en los costos de operación, debido a que los transportadores de carga pasarán de transitar 22 Km. por una vía en malas condiciones de geometría en terreno escarpado, a transitar 11.9 Km. por una vía en terreno plano y en buenas condiciones, ahorrando 10 Km. de recorrido, 840 m en altura y un ahorro en costos de operación del orden de los US \$ 37 millones durante el primer año. Menor tiempo de viaje debido a la reducción en el trayecto y a la mayor velocidad de operación.

Características:

- Velocidad actual: 18.2 Km./hora
- Velocidad con el proyecto: 60 Km./h
- El ahorro en tiempos de recorrido para vehículos pesados será del orden de 80 min., y para vehículos livianos unos 40 min., lo cual se traduce en un ahorro por menores tiempos de viaje del orden de US \$ 3.6 millones durante el primer año.
- Reducción de la accidentalidad: ya que en la actualidad, el tramo Calarcá-Cajamarca (ver Fig. 3) presenta uno de los mayores índices de accidentalidad del país por las condiciones geométricas y climáticas de la zona. El número de accidentes por kilómetro es cuatro veces superior al promedio nacional. Con el proyecto, la accidentalidad se vería reducida en un 75%.
- Los beneficios económicos por estos factores para el país serían del orden de los US \$ 40 millones por año. No se tuvieron en cuenta pérdidas por cierre de vía y otros intangibles. [1; 3; 4; 5]

7. CONSTRUCCIÓN DE LA FASE I “TÚNEL PILOTO”.

El proyecto inicial consistió en planear



Fig. 3. Vista planta tramo Calarcá – Cajamarca con longitud de túnel de 8542,6m. Tomado de [4].

la construcción de un túnel piloto o exploratorio (ver Fig.4.) con un diámetro máximo de 4.40 m y con infiltraciones de agua estimadas de 110 y 220 lps.

Ya finalizada la Fase I (Túnel piloto), se encontraron numerosas ventajas para poder dar continuación a la Fase II, tales como:

- Eliminación del riesgo geológico en un 90% a 100%
- Funcionamiento como galería de drenaje.
- Funcionamiento como galería de servicio.
- Reducción de los costos de construcción.
- Reducción de riesgos financieros.
- Funcionamiento como galería de servicio y ventilación durante la construcción del

túnel principal.

- Funcionamiento como depósito subterráneo de explosivos.
- Posibilidad de mayores frentes de trabajo.
- Posibilidad de mayores ofertas o propuestas.

Los dos frentes de trabajo del Túnel de la Línea comenzaron obras el 30 de septiembre de 2004; en los primeros meses de obra el personal a cargo de la obra se dedicó a la adecuación de las vías y los portales de Galicia y Bermellón. El túnel comenzó el 17 de enero de 2005 por el lado del Tolima y el 4 de mayo del mismo año por la montaña del Quindío.

44 meses después de arduo trabajo por parte del personal especializado encargado en la construcción del proyecto, el presidente de la república, doctor Álvaro Uribe Vélez en compañía del ministro de transporte (Dr. Andrés Uriel Gallego) y el director del INVIAS (Dr. Daniel Andrés García) (ver Fig.5.), fueron los encargados de derrumbar el último muro que comunicaba los dos frentes del túnel piloto.

Esta obra ha sido un sueño para el país desde 1930 y sólo ahora se hizo realidad, convirtiéndola en la más importante en la actualidad, dentro de las que adelanta el gobierno nacional para mejorar la conectividad del centro del país con el principal puerto con que cuenta Colombia sobre el Océano Pacífico, el Puerto de Buenaventura.



Fig. 4. Vista interior del túnel piloto, tomado de [4]

De acuerdo con análisis realizados por el gobierno y organismos multilaterales, este es uno de los cinco principales corredores de comercio exterior, los cuales concentran más del 80% de la carga movilizada en el país. [1; 3; 4; 5]

8. AVANCE DE LA OBRA A 31 DE OCTUBRE, 2009

Con un 80% de avance en los estudios y diseños y buen ritmo en las obras previas de excavación del Túnel principal, se progresa en el cruce de la Cordillera Central.

Una vez se cuente con los permisos ambientales de las Corporaciones Autónomas Regionales, arrancará la construcción de la doble calzada Calarcá–Cajamarca. Con la ejecución de obras previas, el Instituto Nacional de Vías dio inicio en meses anteriores a la construcción del proyecto de Construcción y Operación del Cruce de la Cordillera Central: Túneles del II Centenario - Túnel de La Línea y segunda calzada Calarcá – Cajamarca (ver Fig. 7). Estas labores permiten tener frentes de trabajo y mejorar así los rendimientos y tiempos de ejecución de la obra.

Es así como en el pasado mes de mayo se dio inicio a la primera etapa en la que se adelantan todos los estudios y actividades de construcción. Pese a que en esta etapa no se contemplan las actividades de construcción, de forma anticipada a lo previsto, el pasado 1° de julio empezaron algunas labores en dos frentes, las cuales permiten un avance progresivo en el cronograma de construcción del proyecto, cuyo desarrollo físico en el sector del Tolima hasta el momento es el siguiente:

- El 1 de julio se iniciaron las actividades de instalación física del contratista en el portal Tolima del Túnel de la Línea (ver Fig. 6). A la fecha, se cuenta con los campamentos de obra, la planta del concreto y las zonas de mantenimiento de maquinaria.
- El 21 de julio se inició la construcción de un puente sobre el río Bermellón, el cual permite el acceso al portal Tolima del Túnel Principal, para comenzar la excavación del mismo. Obra que, a la fecha, se

encuentra terminada en su totalidad.

- El 18 de agosto se iniciaron las primeras voladuras en la galería 13 del Túnel Piloto para abrir dos frentes de excavación adicionales en el túnel principal.

El 5 de octubre inició la conformación mecánica del portal Tolima mediante retroexcavadora, actividad que a la fecha se encuentra terminada permitiendo el enfilade del portal para las primeras voladuras.

A finales del año anterior, culminaron las obras correspondientes a la primera fase



Fig. 5. Dr. Álvaro Uribe Vélez, al interior del túnel piloto, tomado de [1]



Fig. 6. Portal entrada túnel piloto, tomado de [4]

Fuente Fotográfica:
<http://www.biotolima.org/adminsite/archivos/CON20091215125419>

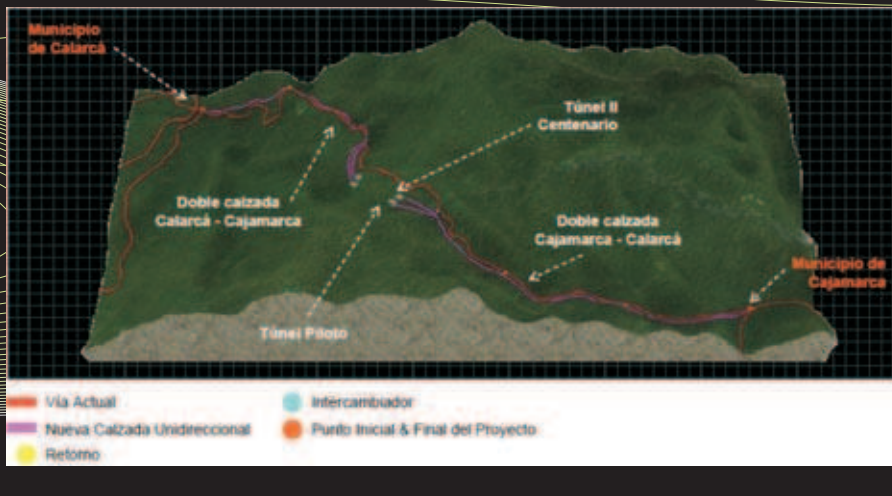


Fig. 7. Vista en planta de la ubicación del túnel piloto, Túnel II Centenario y de la doble calzada Calarcá-Cajamarca. Tomado de [3].



Fig. 8. Vista general corredores arteriales complementarios de competitividad, Tomado de [4].

del proyecto, el denominado Túnel Piloto (ver Fig. 6) y sus obras anexas, las cuales superaron los 187 mil millones de pesos en inversión y que permitieron ejecutar además de los 8.6 Km. del túnel de rescate, los 124 m. de puentes (Estrella 54m., Estrella I 16m., Robles 27m., y Alaska 27m.) y los 1.820 m. de túnel (Estrella 326m., Robles 882m., Chorros 611m), correspondientes a los accesos del portal Quindío.

El programa de corredores arteriales complementarios de competitividad (ver Fig. 8) contempla en territorio tolimense, la intervención de la transversal Honda - Manizales, con una inversión total de 114.255 millones de pesos, incluida la interventoría, proyecto con el cual se ejecutará la construcción de la doble calzada faltante en el sector del Puente La Libertad (aproximadamente 4,7 Km de segunda calzada), y doble calzada del tramo pte. la Libertad al Potro rojo en pavimento rígido, al igual que mejorar curvas y puntos críticos entre Padua y Fresno. Actualmente se realizan los estudios y diseños definitivos, y se estima iniciar obras el próximo 27 de noviembre.

Bajo contratos de mantenimiento integral se atienden los corredores: Calarcá -

la Línea - Ibagué, incluida la variante de Ibagué e Ibagué - Mariquita y Manizales Fresno - Honda, con una destinación de recursos que en total es de 195 mil 152 millones de pesos, que han permitido mantener estas vías en buenas condiciones de transitabilidad, mediante la ejecución de obras de repavimentación, mantenimiento periódico y rutinario.

De otra parte, el INVIAS suscribirá un convenio con el instituto nacional de concesiones para construir el nuevo puente Cajamarca, para lo cual se tramitan recursos por 19 mil 945 millones de pesos que aportará INVÍAS

[5].

10. ACTIVIDADES MÁS IMPORTANTES DEL PROYECTO

Excavación y soporte: Volumen de excavación con la sección del Túnel de Rescate es de 162.500 m³ (ver Fig.9), disposición del material excavado (ver Fig. 10), área de soporte (concreto neumático, malla electro-soldada, pernos y arcos), caudal de agua de infiltración, construcción de la vía de acceso al portal Galicia, construcción del puente de acceso al portal Bermellón y obras de tratamiento para las aguas de infiltración.

Fig. 9. Personal continuando con las excavaciones en la línea. Tomado de [1].



Reservas Presupuestales: Construcción del Túnel Piloto Fase I \$76.600 millones, interventoría y ajuste de estudios \$ 5.550, adquisición de Predios Fase I \$ 300 y un costo total de \$82.450 millones [1; 3; 4; 5].

11. SITIOS DE DISPOSICIÓN DE MATERIALES SOBANTES

Durante la construcción del proyecto se generan volúmenes importantes de materiales sobrantes, cuyo total ha sido estimado en 470.000 m³, procedentes de la perforación del túnel y de los cortes requeridos en la construcción de los portales y las vías de acceso.

Se seleccionaron dos como botaderos: Américas para el frente Galicia y Anaime para el frente Bermellón. De la capacidad total de cada botadero se utilizarán volúmenes aproximados de 340.000 m³ y 130.000 m³, respectivamente.

El botadero Américas (ver Fig.10) está localizado sobre la vía Calarcá-Cajamarca, a unos 11 km de la glorieta Los Quindos en el barrio Versailles de Calarcá. Su construcción se ha proyectado en dos etapas de relleno. La primera se encuentra en el costado izquierdo de la vía, en el sentido Calarcá-Ibagué, para recibir un volumen de 140.000 m³ de material y la segunda queda localizada en el costado derecho de la vía y tendrá un volumen de 200.000 m³.

Fig.10. Botadero Américas. Tomado de [3].



El botadero Anaime está situado sobre la margen derecha del río del mismo nombre, en cercanías al casco urbano del municipio de Cajamarca y al costado derecho de la vía en el sentido del abscisado. Allí se dispondrán 130.000 m³, como fue mencionado anteriormente [4; 5].

12. HALLAZGOS Y GEOLOGÍA ENCONTRADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL PILOTO.

La obra tenía como propósito conocer la geología existente en la cordillera Central y así optimizar el proceso de cons-

trucción del Túnel II Centenario, por donde pasará el flujo vehicular en el Alto de la Línea.

Es decir, el túnel piloto es apenas un pasillo por donde escasamente puede transitar un vehículo, 4.5 metros, y lo que brinda es información sobre el tipo de roca que tiene la cordillera en su interior y cuáles son sus condiciones, además de su funcionamiento como Túnel de rescate de la alternativa A, con el fin de que la inversión realizada en esta fase no se pierda y sea optimizado su aprovechamiento en la construcción de la Fase II y en la operación del proyecto.

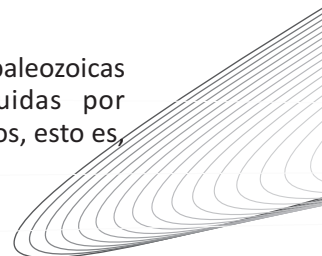
Las dudas planteadas en julio de 2005 por los ingenieros de la Universidad Nacional, Álvaro Correa y Jorge Puerto, quedaron despejadas con la terminación del túnel piloto. Los investigadores sostuvieron entonces la posibilidad de que en la zona, con la excavación y explosiones controladas (ver Fig. 11), se encontraría una alta temperatura en el agua y en la masa rocosa, además de presencia de metano.

En la vista geotécnica, agregaron que en el escenario más optimista, el 58% del terreno a excavar sería de regular a muy malo. Y advirtieron sobre el encuentro de rocas ígneas y metamórficas, alteradas por fallas del sistema Romeral.

A pocos días de finalizarse la excavación (ver Fig. 9.), se encontraron diferentes rocas ígneas y metamórficas, pero de muy buena calidad, con pocas excepciones de arcillas y areniscas débiles, lo que permitió terminar en el tiempo esperado exitosamente. No hay aguas con altas temperaturas, al contrario, todas ellas tienen la medida normal de la altura de la montaña, 2.460 msnm. Y, por supuesto, tampoco en la masa rocosa. El metano no se detectó.

El estudio litológico (tipo de roca) dice que en el portal del Tolima se halló un macizo correspondiente a rocas metamórficas del complejo Cajamarca y en menor proporción a cuerpos hipoabisales terciarios. Es decir, material que con el tiempo se ha transformado en roca dura.

También se hallaron rocas paleozoicas del mismo complejo, constituidas por esquistos negros cuarzos grafitosos, esto es,



roca metamórfica foliada de grano grueso que puede ser partida fácilmente en láminas u hojas, siguiendo la dirección de la foliación. Se localizaron gabros de color gris verdoso, constituido por cristales gruesos de plagioclasa, hornablenda, biotita y clorita. Estas son rocas sanas, duras, compactas y poco fracturadas, que proporcionaron un buen autosoporte a la excavación. Como lo advirtieron los

expertos de la Universidad Nacional, la empresa que realiza la obra se topó con el sistema de fallas del complejo Romeral. El primero de ellos se denominó la Soledad, donde se hallaron rocas que presentaron una franja tectonizada (asociada con mineralizaciones gruesas de cuarzo y calcita, rellenos blandos, plegamientos, intenso fracturamiento, productos de esfuerzos dinámicos, que generaron unas malas condiciones geomecánicas, por fortuna en una franja pequeña).

En el lado del Quindío, el macizo corresponde básicamente a rocas provenientes de diabasas pertenecientes al miembro volcánico del complejo Quebradagrande, y en menor proporción a rocas sedimentarias de la misma unidad. En otros términos, material proveniente de erupciones volcánicas y de aquellas que resultan de la consolidación y cementación de sedimentos acumulados en capas.

Los ingenieros se toparon con una zona de fallas, denominada Alaska, que corresponde al primer contacto entre rocas volcánicas y rocas sedimentarias dentro de la excavación. Obligó a que se realizara un tapón en zona de falla y se pasara este obstáculo mediante la construcción de un by-pass de 183.27m, por donde se transitó hasta que se decidió restablecer el alineamiento original. [1; 4; 5]



Fig. 11. Explosión controlada para la excavación túnel piloto, Tomado de [4]

Figura 12. Personal de trabajadores al interior del túnel piloto. Tomado de [1].



12. GENERACIÓN DE EMPLEO.

En esta obra, el Instituto Nacional de Vías, generó 437 empleos en el proyecto (ver Fig. 12.), discriminado de la siguiente forma: personal foráneo 131 trabajadores; personal quindiano 241 trabajadores; personal del Tolima: 65 trabajadores.

De manera indudable este proyecto generará un impacto muy positivo en la economía del país y, por ende, directamente en el pueblo colombiano, ya que al reducirse el tiempo de recorrido en el transporte de mercancías y de pasajeros, lo harán en la misma medida los precios de los alimentos, insumos y pasajes, con lo que la gran mayoría de la población colombiana se verá beneficiada, puesto que los costos de vida se reducirán y el comercio entrará en auge, incentivando de esta manera la generación de empleo y la mitigación de la pobreza en el país [1; 3].

13. CONCLUSIONES

La necesidad de la construcción de túneles para el transporte de pasajeros y mercancías es evidente, dado el incremento del comercio y del parque automotor del país.

Con el proyecto “corredor Bogotá - Buenaventura (Túnel de la línea)”, los ahorros en costos de operación serán notorios, ya que con este se disminuirán el tiempo de viaje debido a la mayor velocidad de operación y a la reducción del trayecto, y a la reducción de la accidentalidad en la vía.

Los beneficios económicos por estos factores para el país serían del orden de los US \$ 40 millones por año. Sin tener en cuenta pérdidas por cierre de vía y otros intangibles.

Con la construcción del túnel piloto se obtuvieron numerosas ventajas para la eliminación del riesgo geológico, funcionamiento como galería de drenaje y servicio, reducción en los costos de construcción como de riesgos financieros y la posibilidad de mayores fuentes de trabajo.

El proyecto “corredor Bogotá - Buenaventura (Túnel de la línea)” es uno de los principales corredores de comercio extranjero del país, puesto que concentra más del 80% de la carga movilizada en el país. ■

6. REFERENCIAS

[1] ARIAS R., Miguel Ángel. Listo túnel piloto de la línea. Santa Fe de Bogotá, 25 de julio 2008. Disponible en www.elespectador.com

[2] CALABRU, Paul. (1997). Cimentaciones y túneles. París. Editorial Roteverté.

[3] DIARIO LA REPUBLICA. Actualidad económica. Avanza excavación del túnel de la línea y construcción de la doble calzada. Santa Fe de Bogotá. 2008. Disponible en www.larepublica.com

[4] INVIAS. Oficina de comunicaciones. Proyecto cruce de la cordillera central-Túnel de la línea. Santa Fe de Bogotá. 31 de octubre, 2009. Disponible en www.invias.gov.co

[5] INVIAS. Oficina de comunicaciones. Así avanzan las obras de construcción del túnel II Centenario. Santa Fe de Bogotá. 31 de octubre, 2009. Disponible en www.invias.gov.co

[6] MACCHIA, José Luis. (2007). Cómputos costos y presupuestos 2° edición. Buenos Aires.

[7] RICO R., Alfonso. (2005). La ingeniería de suelos en vías terrestres, carreteras, ferrocarriles y autopistas Vol. 2. México. Limusa Noriega editores.