

**PRÁCTICA EMPRESARIAL EN EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN TÉCNICA
RELACIONADA CON LOS TIEMPOS DE EJECUCIÓN Y RECURSOS
UTILIZADOS EN LA EXCAVACIÓN DE LOS TÚNELES DE DESVIACIÓN DEL
PROYECTO HIDROELÉCTRICO SOGAMOSO QUE ADELANTA LA EMPRESA
ISAGEN S.A E.S.P.**

MADELEIDY RODRIGUEZ GUTIERREZ



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2012**

**PRÁCTICA EMPRESARIAL EN EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN TÉCNICA
RELACIONADA CON LOS TIEMPOS DE EJECUCIÓN Y RECURSOS
UTILIZADOS EN LA EXCAVACIÓN DE LOS TÚNELES DE DESVIACIÓN DEL
PROYECTO HIDROELÉCTRICO SOGAMOSO QUE ADELANTA LA EMPRESA
ISAGEN S.A E.S.P.**

MADELEIDY RODRIGUEZ GUTIERREZ

**Proyecto de Grado realizado en la modalidad de Práctica Empresarial
Para optar al título de Ingeniera Civil**

**Director de Proyecto:
Ing. ÁLVARO VIVIESCAS JAIMES.
Docente Escuela de Ingeniería Civil**

**Tutor de la Práctica:
Juan Felipe Duque Marulanda.
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2012

Agradecimientos

Doy gracias a Dios primero que todo, por darme la vida y la sabiduría, permitiéndome el logro de un nuevo escalón en mi vida y ser de mí una persona de bien e íntegra en todos los aspectos.

A toda mi familia en especial a mi abuela Ofelia, mi tía Hermelinda y a mis padres José y Cenaida, por su comprensión, cariño y apoyo constante e incondicional, y también por sus sabios consejos, lo que me ha permitido llegar hasta donde me encuentro.

A ISAGEN por darme la oportunidad de haber realizado las prácticas empresariales en un proyecto tan grande como lo es el Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.

A Hedmer y Juan Felipe muchas gracias.

Al profesor Álvaro por su respaldo y apoyo constante durante la realización de la práctica.

A todos mis amigos y compañeros de lucha en especial a Néstor, Melissa, Víctor, Shirley, Luza y Richard, que durante esta etapa compartimos momentos inolvidables que sirvieron de motor, para continuar creciendo personal y profesionalmente.

A Edgar por confiar siempre en mí y por su apoyo incondicional en los momentos difíciles.

A mis compañeros de práctica Carolina y Julián por compartir la estadía en el sitio del proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS	17
1.1 OBJETIVO GENERAL	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	18
2.1 RESEÑA HISTÓRICA	18
2.2 MISIÓN	19
2.3 VISIÓN	19
3. PROYECTO HIDROELÉCTRICO SOGAMOSO	20
3.1 LOCALIZACIÓN	20
3.2 CARACTERÍSTICAS	20
3.3 ÁREA DE INFLUENCIA	21
3.4 DESCRIPCIÓN GENERAL	22
4. ACTIVIDADES DE APOYO EN LA GESTIÓN DEL PROYECTO REALIZADAS DURANTE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL	23
4.1 REVISIÓN TÉCNICA DE LAS DIFERENTES VERSIONES DE PLANOS	23
4.2 ELABORACIÓN DE INFORMES MENSUALES DEL PROYECTO	24
4.3 APOYO EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SEGUIMIENTO DEL PROYECTO EN EL MÓDULO DE PROYECTOS DE SAP	25
4.4 RECORRIDOS A LOS SITIOS DE OBRA PARA LA TOMA DE REGISTRO FOTOGRÁFICO Y REALIZACIÓN DE INFORMES	26
5. ANÁLISIS DE LAS EXCAVACIONES EN LOS TÚNELES DE DESVIACIÓN	28
5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TÚNELES	28
5.2 MÉTODO DE EXCAVACIÓN	29
5.3 PROCEDIMIENTO DE EXCAVACIÓN DE LOS TÚNELES DE DESVIACIÓN	33

5.4 EQUIPOS	37
5.5 MATERIALES	39
5.6 CLASIFICACIÓN DEL TERRENO	40
5.7 MANIOBRA DE DESVÍO	46
5.8 INFORMES RESUMEN DEL PROCESO DE EXCAVACIÓN DE LOS TÚNELES DE DESVIACIÓN (ELABORADOS POR LA FIRMA INTERVENTORA)	47
5.9 CONTROL DE AVANCE DE OBRA CON CURVA S	57
5.9.1 Análisis en excavaciones de Bóveda	59
5.9.2 Análisis de excavaciones en Banqueo.	66
9.10 RENDIMIENTOS EN LAS EXCAVACIONES	70
CONCLUSIONES	74
BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	79

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización del Proyecto Sogamoso	20
Figura 2. Área de influencia, Proyecto Sogamoso	21
Figura 3. Frentes de obra, Proyecto Sogamoso	27
Figura 4. Plano de localización general de los túneles de desvío	28
Figura 5. Excavación en ventana 1 - Excavación en ventana 2	29
Figura 6. Esquema de tiro para voladura - Zonas de la voladura	31
Figura 7. Jumbo, maquinaria de perforación	32
Figura 8. Explosivos para voladura	33
Figura 9. Proceso de voladura para bóveda en los túneles de desvío	35
Figura 10. Voladura para banqueo en los túneles de desvío	36
Figura 11. Sistema de ventilación en los túneles de desvío	37
Figura 12. Maquinaria utilizada en las excavaciones, 1° parte	38
Figura 13. Maquinaria utilizada en las excavaciones, 2° parte	39
Figura 14. Soporte terreno tipo I	41
Figura 15. Soporte terreno tipo II	42
Figura 16. Soporte terreno tipo IIIA	43
Figura 17. Soporte terreno tipo IIIB	45
Figura 18. Maniobra de desvío del río Sogamoso	47
Figura 19. Excavación túnel de desviación	48
Figura 20. Encuentro de excavaciones túnel de desvío 2 el día 15 de abril	51
Figura 21. Túnel de desviación 2, encuentro de excavaciones	51
Figura 22. Túnel de desviación 1	52
Figura 23. Emportalamiento bóveda túnel de desviación 2	53
Figura 24. Avance en excavación del túnel de desvío 2	54
Figura 25. Trabajos en portal de entrada túnel de desviación 2	55
Figura 26. Túneles de Desviación. Desvío del río Sogamoso	57

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Esquemmatización de una curva “s”	58
Gráfica 2. Proceso de excavación en bóveda túnel de desviación 1	59
Gráfica 3. Proceso de excavación TD1 X V1 Aguas Abajo	60
Gráfica 4. Proceso de excavación TD1 X V1 Aguas Arriba	61
Gráfica 5. Proceso de excavación TD1 X V2 Aguas Abajo	61
Gráfica 6. Proceso de excavación TD1 X V2 Aguas Arriba	62
Gráfica 7. Proceso de excavación TD1 X Portal Entrada Aguas Abajo	62
Gráfica 8. Proceso de excavación en bóveda túnel de desviación 2	63
Gráfica 9. Proceso de excavación TD2 X V1 Aguas Abajo	64
Gráfica 10. Proceso de excavación TD2 X V1 Aguas Arriba	65
Gráfica 11. Proceso de excavación TD2 X V2 Aguas Abajo	65
Gráfica 12. Proceso de excavación TD2 X V2 Aguas Arriba	66
Gráfica 13. Proceso de excavación TD2 X Portal Entrada Aguas Abajo	66
Gráfica 14. Análisis de excavación por banqueo, Túnel de desvió 1	68
Gráfica 15. Análisis de excavación por banqueo, Túnel de desvió 2	69
Gráfica 16. Rendimiento en la excavación del túnel de desviación 1	71
Gráfica 17. Rendimiento en la excavación del túnel de desviación 2	72

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla No. 1 Parámetro de diseño	21
Tabla 2. Promedio No. De frentes, túnel de desvío 1	60
Tabla 3. Promedio No. De frentes, túnel de desvío 2	64
Tabla 4. Avance en excavaciones por banqueo, Túnel de desviación 1	67
Tabla 5. Avance en excavaciones por banqueo, Túnel de desviación 2	69
Tabla 6. Rendimiento promedio de los túneles de desvío	70
Tabla 7. Rendimientos, Túnel de desviación 1	71
Tabla 8. Rendimientos, Túnel de desviación 2	72

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO N° A: Procedimiento para excavación de túneles en Terreno Tipo I	79
ANEXO N° B: Procedimiento para excavación de túneles en Terreno Tipo II	80
ANEXO N° C: Procedimiento para excavación de túneles en Terreno Tipo III A parte superior	81
ANEXO N° D: Procedimiento para excavación de túneles en Terreno Tipo III A parte inferior	82
ANEXO N° E: Procedimiento para excavación de túneles en Terreno Tipo III B parte superior	83
ANEXO N° F: Procedimiento para excavación de túneles en Terreno Tipo III B parte inferior	84
ANEXO N° G: Tabla con los datos de avance en excavaciones en bóveda del túnel de desvió 1	85
ANEXO N° H: Continuación tabla con los datos de avance excavaciones en bóveda del túnel de desvió 1	86
ANEXO N° I: Tabla con los datos de avance en excavaciones en bóveda del túnel de desvió 2	87
ANEXO N° J: Continuación tabla con los datos de avance en excavaciones en bóveda del túnel de desvió 2	88
ANEXO N° K: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvió 1 por Ventana 1 aguas abajo	89
ANEXO N° L: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvió 1 por Ventana 1 aguas arriba	90
ANEXO N° M: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvió 1 por Ventana 2 aguas abajo	91
Anexo N° N: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvió 1 por Ventana 2 aguas arriba	92
ANEXO N° Ñ: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvió 1 por portal entrada aguas abajo	93

ANEXO N° O: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvió 2 por ventana 1 aguas abajo	94
ANEXO N° P: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvió 2 por ventana 1 aguas arriba	95
ANEXO N° Q: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvió 2 por ventana 2 aguas abajo	96
ANEXO N° R: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvió 2 por ventana 2 aguas arriba	97
ANEXO N° S: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvió 2 por portal entrada aguas abajo	98
ANEXO N° T: Modelo en digital de los informes diarios de los túneles de desvió	99
ANEXO N° U: Modelo en digital de los informes diarios de los túneles de desvió	100
ANEXO N° V: Modelo en físico de los informes diarios de los túneles de desvió	101
ANEXO N° W: Esquema de una voladura en banqueo de los reportes diarios en las excavaciones de los túneles	102
ANEXO N° X: Esquema de perforación para voladura en bóveda en las excavaciones de los túneles de desvió	103
ANEXO N° Y: Detalle del cuele en la perforación para voladura en bóveda de los túneles de desvió	104
ANEXO N° Z: Localización general en planta de los túneles de desviación	105
ANEXO N° AA: Perfiles, Túneles de Desviación 1 y 2	106
ANEXO N° AB: Soporte para terreno tipo I, cortes y detalles	107
ANEXO N° AC: Soporte para terreno tipo II, cortes y detalles	108
ANEXO N° AD: Soporte para terreno tipo IIIA, cortes y detalles	109
ANEXO N° AE Soporte para terreno tipo IIIB, cortes y detalles	110
ANEXO N° AF: Fotos del antes y después de los túneles de desviación	111

RESUMEN

TITULO: PRÁCTICA EMPRESARIAL EN EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN TÉCNICA RELACIONADA CON LOS TIEMPOS DE EJECUCIÓN Y RECURSOS UTILIZADOS EN LA EXCAVACIÓN DE LOS TÚNELES DE DESVIACIÓN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO SOGAMOSO QUE ADELANTA LA EMPRESA ISAGEN S.A E.S.P.

AUTOR: Madeleidy Rodríguez Gutiérrez **

PALABRAS CLAVE: Excavaciones, Túneles, Rendimientos.

DESCRIPCION DEL PROYECTO:

ISAGEN S.A. E.S.P. es una empresa colombiana de servicios públicos mixta, dedicada a la generación y comercialización de energía. La estrategia de ISAGEN está orientada al crecimiento de su capacidad de generación para atender la creciente demanda de energía eléctrica del país. En cumplimiento a esta estrategia, actualmente se encuentra en estado de ejecución el Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso, localizado en la zona Nororiental de Colombia del Departamento de Santander, el cual aumentará la capacidad instalada de ISAGEN en 820 MW.

Dentro del proceso de construcción del Proyecto, basándose en la información obtenida de los registros diarios de actividades y recursos de los diferentes frentes de obra, ISAGEN ha identificado la necesidad de conocer aspectos propios de la ejecución de dichas actividades como son los rendimientos reales de ejecución, la utilización de recursos de equipo y mano de obra, esto con el propósito de que tal información sea utilizada en la planificación más acertada de futuros proyectos de la empresa.

Por ello, como aporte a la empresa, el objetivo final de la práctica empresarial es generar un documento de análisis que sirva de soporte para la gestión de futuros proyectos, permitiendo realizar una programación más acertada, basándose en rendimientos reales en la construcción de túneles con base en las actividades desarrolladas en el proceso de excavación de los túneles de desviación del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Ing. Álvaro Viviescas Jaimes

Tutor: Ing. Juan Felipe Duque Marulanda

ABSTRACT

TITLE: BUSINESS PRACTICE IN TECHNICAL ANALYSIS RELATED INFORMATION EXECUTION TIMES AND RESOURCES USED IN THE EXCAVATION OF THE DIVERSION TUNNEL OF THE SOGAMOSO HYDROELECTRIC PROJECT THAT ADVANCES THE ISAGEN S.A E.S.P. COMPANY*

AUTHOR: Madeleidy Rodríguez Gutiérrez **

KEYWORDS: Excavations, Tunnels, Performance.

PROJECT DESCRIPTION:

ISAGEN S.A E.S.P. is a Colombian mixed public utility corporation. ISAGEN is dedicated to the generation and commercialization of electric energy. ISAGEN strategy is oriented towards the increment of its generation capacity, in order to respond to the growing energetic demand in the country. In accomplishment of this strategy, ISAGEN is currently developing the Sogamoso Hydroelectric Project. The project is located in northeastern Colombia in the Department of Santander; this project will increase ISAGEN installed capacity in 820 MW.

Within the Project construction process, based on the information obtain from the daily records of activities and the different work fronts resources. ISAGEN has identified the need to know aspects of the activities implementation such as the real execution performance, the utilization of equipment resources and manpower in order that this information will be used in the accurate planning of future company projects.

For all the previously exposed as a contribution to the company, the internship final objective is to develop an analysis document that serves as a support for the management of future projects, permitting performance-based realization of accurate schedules for tunnels construction, which basis are the activities developed in the process of excavating the diversion tunnels of the Sogamoso Hydroelectric Project.

* Work Degree

** Faculty of Engineering physic mechanical. School of Civil Engineering. Director: Eng. Álvaro Viviescas Jaimes

Tutor: Eng. Juan Felipe Duque Marulanda

INTRODUCCIÓN

ISAGEN es una empresa colombiana de servicios públicos mixta, dedicada a la generación y comercialización de energía eléctrica, con el propósito de satisfacer las necesidades de los clientes y atender las futuras demandas de los mismos, para lograr el crecimiento de la compañía, cumpliendo así 16 años de vida empresarial brindando energía productiva para Colombia.

Esta compañía posee y opera cinco centrales de generación, cuatro de ellas de origen hidráulico y una térmica, las cuales suman una capacidad instalada de 2132 MW, posicionándose como el 3^{er} generador del país. Una vez terminada la construcción de los proyectos que adelanta actualmente, la compañía pasará a tener una capacidad instalada de 3032 MW.

La estrategia de ISAGEN está orientada al crecimiento de su capacidad de generación para atender la creciente demanda de energía eléctrica del país. En cumplimiento a esta estrategia, actualmente se encuentra en estado de ejecución el Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso, localizado en la zona nororiental de Colombia del departamento de Santander, el cual aumentará la capacidad instalada de ISAGEN en 820 MW.

Dentro del proceso de construcción del Proyecto, ISAGEN ha identificado la necesidad de conocer, con base en la información obtenida de los registros diarios de actividades y recursos de los diferentes frentes de obra, aspectos propios de la ejecución de las actividades como son: Rendimientos reales de ejecución, utilización real de recursos de equipo y mano de obra con el fin de que esta información sea utilizada en la planificación más acertada de futuros proyectos de la empresa.

Por ello, el objetivo final de la práctica es crear un documento que sea beneficioso para la empresa e informativo para la universidad el cual contenga información detallada donde se especifique las duraciones y rendimientos reales de las actividades que hacen parte de la excavación de los túneles de desviación y los recursos utilizados para su ejecución.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Desempeñarme como auxiliar de ingeniería en la construcción del proyecto hidroeléctrico Sogamoso, en la empresa ISAGEN S.A. E.S.P.

Adicionalmente, como aporte para la empresa, generar un documento, que sirva de soporte para la gestión de futuros proyectos, permitiendo realizar una programación más acertada en la construcción de túneles con base en las actividades desarrolladas en la excavación de los túneles de desviación del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apoyar las actividades relacionadas con la revisión de las versiones de los planos, la elaboración de informes y presentaciones y apoyar la implementación del seguimiento del proyecto en el módulo de proyectos de SAP, que es el software para ERP (Enterprise Resource Planning) utilizado por ISAGEN.
- Recopilar, revisar, comparar y analizar en detalle toda la información relacionada con la ejecución de actividades para la excavación de los túneles de desviación del proyecto Sogamoso.
- Rendir informes cada mes, en los cuales se reporta el avance de los análisis realizados y los resultados parciales obtenidos.
- Presentar un informe final de las actividades de obra realizadas.

2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 RESEÑA HISTÓRICA

Los graves problemas de generación de energía que vivió el país a principios de los años noventa, que produjeron el famoso "apagón", obligaron al Gobierno a hacer grandes reformas estructurales al sector eléctrico. El nacimiento de ISAGEN es producto de tales reformas, que marcaron un cambio ostensible, tanto para las empresas del sector eléctrico como para los usuarios.

El 1 de mayo de 1995, se completó el proceso de escisión de ISA: Inició labores ISAGEN S.A. E.S.P., dedicada a la producción y comercialización de energía, e Interconexión Eléctrica S. A., ISA, comenzó una nueva etapa como responsable de la expansión de la transmisión a alto voltaje, de la operación y mantenimiento de su red y de la planeación y coordinación de la operación del Sistema Interconectado Nacional.

A partir del año 1998, se puso en operación el Sistema Integrado de Información, SAP R/3, con el propósito de incrementar la productividad y la flexibilidad requeridas para enfrentar los retos del mercado energético, entrando en operación los sistemas de compras, contratación, pagos a proveedores, manejo del almacén de materiales, viáticos, manejo de cuentas por cobrar, con sus registros contables y acumulación de costos.

Año tras año la empresa ha ido incrementando la venta de servicios técnicos a clientes industriales, por lo tanto en el 2008, dio un paso trascendental para asegurar su respuesta frente al crecimiento futuro de la demanda colombiana, por medio de su participación en las subastas de Cargo por Confiabilidad, en las que se aseguraron obligaciones de energía firme por una vigencia de un año para las

centrales San Carlos, Jaguas y Termocentro, cinco años para la central Miel I y veinte años para los proyectos Amoyá y Sogamoso.

A raíz de esto en febrero de 2009, inició la construcción del Proyecto Sogamoso, que con sus 820 megavatios incrementará en cerca de un 38% la capacidad instalada de la Empresa, contribuyendo a la atención de la demanda energética nacional y al desarrollo económico del País.

2.2 MISIÓN

ISAGEN desarrolla la capacidad de generación y produce y comercializa energía con el propósito de satisfacer las necesidades de sus clientes y crear valor empresarial. La gestión se desarrolla con ética, enfoque al cliente, sentido económico y responsabilidad social y ambiental.

2.3 VISIÓN

ISAGEN es líder en generación y transacciones de energía en tiempo real en Colombia, es el aliado de la productividad de los clientes y es reconocido por sus negocios de energía en mercados internacionales.

El desarrollo integral de los trabajadores y la responsabilidad empresarial son la base de la creación conjunta de valor para los accionistas y la sociedad.

3. PROYECTO HIDROELÉCTRICO SOGAMOSO

3.1 LOCALIZACIÓN

El conjunto de obras que conforman el Proyecto Sogamoso se encuentran localizadas en la zona nororiental de Colombia del Departamento de Santander, en el cañón donde el río Sogamoso cruza la Serranía de La Paz, 75 km aguas arriba de su desembocadura en el río Magdalena y 62 km aguas debajo de la confluencia de los ríos Suárez y Chicamocha. La presa y el embalse se localizan en jurisdicción de los municipios de Girón, Betulia, Zapatoca, Los Santos y San Vicente de Chucurí.

Figura 1. Localización del Proyecto Sogamoso



Fuente: Información ISAGEN

3.2 CARACTERÍSTICAS

En el siguiente cuadro se muestran los parámetros de diseño del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.

Tabla No. 1 Parámetro de diseño

Parámetros de Diseño	Valor
Presa de gravas con cara de concreto	190 m de altura
Capacidad instalada óptima	820 MW
Número de unidades	3
Producción de energía media	5.056 GWh/año
Período de construcción	5 años
Caudal medio del río Sogamoso	474,6 m ³ /s
Área de la cuenca tributaria	2'117.800 ha
Área del embalse	7000 ha
Volumen total del embalse	4800 Mm ³

Fuente: Información ISAGEN

3.3 ÁREA DE INFLUENCIA

La presa y el embalse se localizan en jurisdicción de los municipios de Betulia, Girón, Zapatoca, San Vicente de Chucurí, Los Santos y Lebrija, que junto con los municipios de Barrancabermeja, Puerto Wilches y Sabana de Torres, ubicados aguas abajo del sitio de la presa. Conforman el área de influencia del Proyecto.

Figura 2. Área de influencia, Proyecto Sogamoso



Fuente: Información ISAGEN

3.4 DESCRIPCIÓN GENERAL

El Proyecto consiste en la utilización de las aguas del Río Sogamoso para la generación de energía eléctrica, mediante la construcción de una presa de gravas con cara de concreto, y la instalación de tres unidades de generación ubicadas en una central subterránea.

Aparte de la presa, las principales obras que componen el proyecto son: Las vías para acceder a los frentes de obra, incluyendo un puente provisional sobre el río Sogamoso; el sistema de desvío, conformado por dos túneles que permiten tener disponible la zona del cauce del río donde se construye la presa; el vertedero para control de crecientes durante operación; la bocatoma, que es la estructura a través de la cual se toma el agua del embalse; el sistema de carga, conformado por tres conductos y un sistema de compuertas; la central subterránea y sus túneles de acceso, conformada por las cavernas de transformadores, máquinas y oscilación; el túnel de descarga, que devuelve las aguas al Río Sogamoso después de su utilización en la generación de energía; un sistema de descarga de fondo, que sirve para garantizar el caudal ecológico aguas abajo de la presa durante el llenado del embalse y las tres unidades de generación con todos los equipos eléctricos y mecánicos que permiten la operación de la central y la generación de la energía eléctrica.

4. ACTIVIDADES DE APOYO EN LA GESTIÓN DEL PROYECTO REALIZADAS DURANTE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL

Durante la realización de la práctica empresarial como Auxiliar de Ingeniería del equipo de Obras Civiles del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso que adelanta la empresa ISAGEN, las actividades ejecutadas son:

4.1 REVISIÓN TÉCNICA DE LAS DIFERENTES VERSIONES DE PLANOS

En desarrollo de la construcción del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso, la firma diseñadora realiza la entrega de los planos de construcción de acuerdo con las necesidades de la obra, las cuales están plasmadas en principio, en el programa de obra de proyecto. Lo anterior aplica para todos los planos del proyecto, tanto estructurales como geotécnicos, arquitectónicos, hidráulicos, etc.

Estos planos muestran de manera detallada las características propias del terreno en el que se va a trabajar y las geometrías de las estructuras a construir; por lo tanto, y durante el proceso de construcción del proyecto es posible encontrar situaciones imprevistas que causen modificaciones dentro de los planos de construcción, lo cual conlleva de nuevo a generar otras versiones de los mismos.

En consecuencia a lo anterior surge la necesidad de llevar un control en la organización de dicha información ya que a la hora de necesitar un plano específico con su respectiva revisión por parte del grupo de ingenieros, lo más conveniente es que este se encuentre de manera rápida ya sea en los planos originales o copias. Estos se organizan dependiendo del lote correspondiente al frente de obra, clasificación por temas, secuencia de detalle y según el número de la revisión; luego se ajustan varios lotes de los mismos frentes de obra o similar, para después encuadernarlos en paquetes de fácil manejo.

Adicionalmente, deben ser retirados de forma inmediata los planos que son obsoletos ya que no entrarían en la base de datos de planos en construcción.

4.2 ELABORACIÓN DE INFORMES MENSUALES DEL PROYECTO

En todo proyecto tanto de la ingeniería como de otras ciencias se debe llevar un control durante el proceso de ejecución, siendo esto de gran importancia ya que con base en éste control se puede obtener la información necesaria aspectos tan importantes como la toma oportuna de decisiones o la elaboración de reportes que permitan informar de manera ágil y oportuna a los diversos actores interesados en el Proyecto.

Uno de los proyectos que actualmente se encuentra en proceso de ejecución es el Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso, el cual, gracias a las directrices impartidas por la firma Propietaria, ISAGEN S.A. se constituye en un claro ejemplo del buen seguimiento y control en sus respectivas obras. Para lograr el objetivo propuesto, todo el equipo del Proyecto Sogamoso incluyendo ISAGEN, Interventoría, Asesoría y contratista, realizan diariamente reportes de las actividades de los diferentes frentes de obra.

Utilizando estos reportes se elabora, entre otros, el informe de seguimiento mensual del Proyecto por parte de ISAGEN. Éste informe se elabora recopilando y consolidando la información del avance del proyecto, donde se incluye aparte de las actividades realizadas, la Curva de Avance (Curva "S"), con los datos de avance en porcentaje y el presupuesto actualizado hasta la fecha.

Luego de terminado el informe del Proyecto Sogamoso este es enviado al personal de ISAGEN encargado de hacer la consolidación completa de todos los proyectos de generación que se encuentran en proceso de ejecución que adelanta la empresa ISAGEN S.A. E.S.P.

El informe consolidado de todos los proyectos de la Empresa, es luego distribuido a la Gerencia General y a la Junta Directiva, constituyéndose en uno de los principales medios a través de los cuales reciben información de los proyectos en ejecución.

4.3 APOYO EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SEGUIMIENTO DEL PROYECTO EN EL MÓDULO DE PROYECTOS DE SAP

SAP es el software ERP (Enterprise Resource Planning), utilizado por ISAGEN. Este Software es un sistema integral de gestión empresarial de información que está diseñado para modelar y automatizar la mayoría de procesos en la empresa. Su misión es facilitar la planificación de todos los recursos de la empresa.

Los sistemas ERP típicamente manejan la producción, logística, distribución, inventario, envíos, facturas y contabilidad de la compañía. Sin embargo, la Planificación de Recursos Empresariales o el software ERP pueden intervenir en el control de muchas actividades de negocios como ventas, entregas, pagos, producción, administración de inventarios, calidad de administración y la administración de recursos humanos.

Dentro de las actividades realizadas durante la práctica, ISAGEN identificó la necesidad recibir apoyo para terminar la implementación del módulo de gestión de proyectos de SAP, con el propósito de llevar un total seguimiento a la etapa de construcción del Proyecto Sogamoso de forma centralizada en el ERP.

El primer paso a dar para la utilización del software de SAP, es el enviar la correspondiente solicitud para obtener el acceso a dicho programa; ya que este se encuentra restringido a usuarios no autorizados. Luego de tener el acceso al sistema, se prosigue con ayuda de un experto a una breve capacitación para el buen uso en el manejo del programa.

Una vez terminada la capacitación se empieza con la actualización de la información en el módulo de Proyectos, esta se inicia con la actualización de los datos del progreso de todas las actividades implementadas dentro del programa integrado del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso con sus respectivos avances según la fecha temprana, tardía y real en la ejecución del mismo.

También se hizo la respectiva actualización en lo relacionado con las normas de liquidación, teniendo en cuenta la clasificación de los costos de las actividades, dependiendo si estos corresponden a inversión, gastos o diferidos. Por último se llevó a cabo la creación y actualización de los hitos correspondientes a las obras civiles y obras sustitutivas del Proyecto Sogamoso.

El objetivo principal en la actualización del programa de SAP utilizado por ISAGEN, es básicamente, tener centralizado en un solo repositorio de información el seguimiento del proyecto en términos de cumplimiento de los hitos en las actividades del proyecto y también para hacerle un continuo mantenimiento a los avances y fechas reales de las actividades según corresponda.

4.4 RECORRIDOS A LOS SITIOS DE OBRA PARA LA TOMA DE REGISTRO FOTOGRÁFICO Y REALIZACIÓN DE INFORMES

En las actividades como auxiliar de ingeniería en el Proyecto Sogamoso, juega un papel importante los recorridos a los diferentes sitios de obra, ya que permiten obtener una clara visión de cómo va el avance en el proceso de ejecución del proyecto.

Básicamente estos recorridos consistían en visitas a los sitios de la obra, la toma de registro fotográfico y la correspondiente información preliminar de campo con el apoyo e indicación del personal de Interventoría que se encuentra en respectivo frente.

Figura 3. Frentes de obra, Proyecto Sogamoso



Construcción de la Presa



Construcción del vertedero



Caverna de máquinas

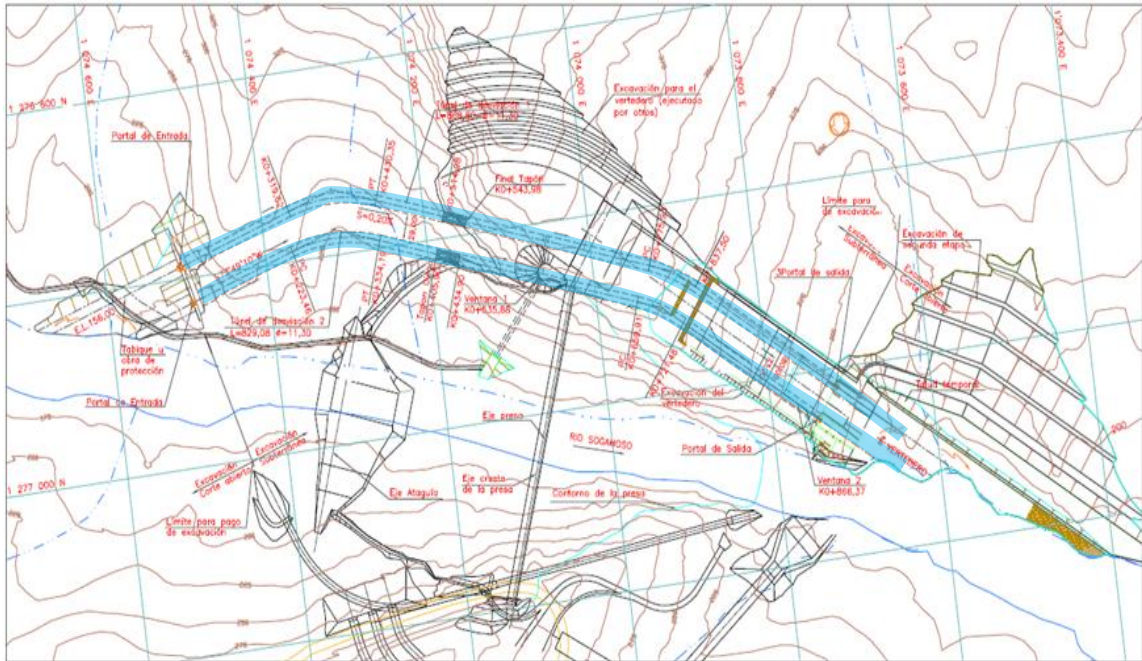


Túnel Vial

Fuente: Autor

5. ANÁLISIS DE LAS EXCAVACIONES EN LOS TÚNELES DE DESVIACIÓN

Figura 4. Plano de localización general de los túneles de desvío



Fuente: Archivo proyecto Sogamoso

5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TÚNELES

Los Túneles de Desviación son dos y están localizados sobre la margen izquierda del río Sogamoso. Los túneles fueron diseñados con una sección en forma de herradura de 110,6 m², con paredes curvas de 11 m de altura y bóveda semicircular de 5,65 m de radio. El túnel de desviación 1 tiene una longitud de 868,80 m, mientras que la longitud del túnel de desviación No. 2 es de 829,08 m.

Una vez construidas las vías de acceso a los diferentes frentes de obra, se iniciaron las excavaciones del terreno y la adecuación del portal de entrada de los túneles de desvío. Durante todo el proceso se efectuaron chequeos topográficos y

se instalaron equipos para monitorear el comportamiento de los taludes y poder ejecutar las excavaciones de forma segura.

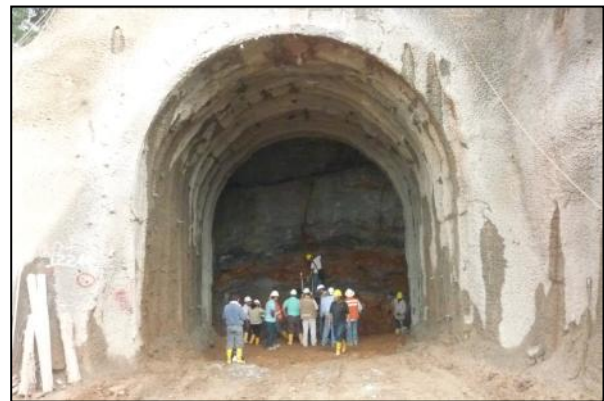
De manera simultánea se desarrollaron los trabajos en la zona del portal de salida de los túneles que se encargarán de devolver el caudal de las aguas al río Sogamoso.

Una vez realizada la excavación y sostenimiento de las Ventanas 1 y 2 (túneles de acceso), las cuales fueron diseñadas en forma de herradura, de paredes rectas, con diámetro de 6,0 m y longitudes de 144,96 m y 127,72 m respectivamente, con el objetivo de crear diversos frentes de excavación, para que la construcción de los túneles de desvío fuera en un tiempo más corto, se inició de forma inmediata la excavación de los túneles de desviación.

Figura 5. Excavación en ventana 1



Excavación en ventana 2



Fuente: Interventoría, Proyecto Sogamoso

5.2 MÉTODO DE EXCAVACIÓN

Dependiendo del tamaño de la sección del túnel, éste puede ser excavado en una sola etapa de avance, cuando es pequeña (Menores de 7 m), o excavarlo dividiendo la sección en dos o más sub-secciones, cuando es mas grande.

Al realizar la excavación dividiendo la sección en dos partes, se excava primero la parte superior, que generalmente abarca la mitad o más de la altura total del túnel, y se le denomina bóveda. En ocasiones, cuando el túnel es muy ancho, se puede también realizar una primera etapa excavando solamente la sección media de la bóveda. Una vez excavada la bóveda del túnel, se procede a excavar la sección inferior que queda pendiente, denominada banqueo. En ocasiones el banqueo puede ejecutarse primero solamente en la parte central, quedando pendientes las secciones laterales, que corresponden a los hastiales del túnel.

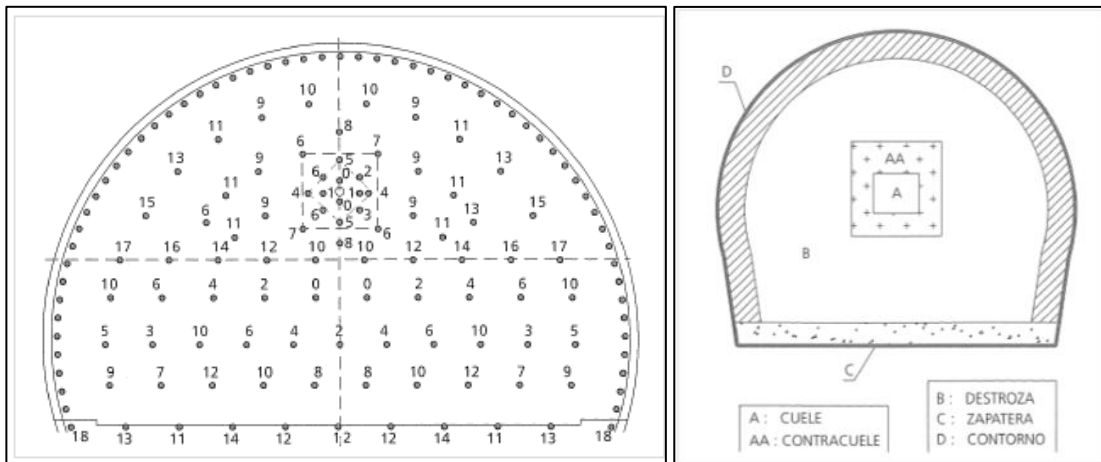
Los métodos de excavación de túneles mediante perforación y voladura dependen fundamentalmente en primer lugar del tipo de terreno a atravesar. De este modo cabe destacar por separado la excavación de túneles en roca y la excavación de túneles en suelos o terrenos blandos.

Las partes o trabajos elementales de que consta el ciclo de trabajo característico de las excavaciones mediante perforación y voladura son las siguientes:

- Replanteo en el frente del esquema de tiro.
- Perforación de los taladros.
- Carga de los taladros con explosivo (barrenos).
- Voladura y ventilación.
- Retirada del escombros y saneo del frente, bóveda y hastiales.

El esquema de tiro es la disposición en el frente del túnel de los taladros que se van a perforar, la carga de explosivo que se va a introducir en cada uno y el orden en que se va hacer detonar cada barreno, esto se diseña al principio de la obra a la experiencia y una serie de reglas empíricas recopiladas de manuales sobre explosivos. Posteriormente, a lo largo de la excavación del túnel, se va ajustando en función de los resultados obtenidos en cada voladura.

Figura 6. Esquema de tiro para voladura



Fuente: (Julio González)

Para la perforación y voladura, la sección teórica del túnel se divide en zonas, en las que las exigencias, tanto de densidad de perforación, como de carga específica de explosivo y secuencia de encendido son distintas. Estas zonas son:

- *Cuele*: El cuele es la fase de la voladura que dispara en primer lugar. Su finalidad es crear una primera abertura en la roca que ofrezca al resto de las fases una superficie libre hacia la que puede escapar la roca con lo cual se posibilita y facilita su arranque. El cuele es sin duda la más importante de todas las fases de la voladura de un túnel en relación con el avance de la voladura.
- *Destroza*: La destroza es la parte central y más amplia de la voladura, cuya eficacia depende fundamentalmente del éxito de la zona del cuele y contracuele, que es la zona crítica de la voladura.
- *Zapateras*: La zapatera es la zona de la voladura situada en la base del frente, a ras del suelo. Los barrenos de las zapateras son los que más carga explosiva contienen ya que, aparte de romper la roca han de levantar ésta hacia arriba. Para evitar repiés, van ligeramente “pinchados” hacia abajo y son disparados en último lugar.

- *Contorno:* Los taladros perimetrales o de contorno son importantes pues de ellos dependerá la forma perimetral de la excavación resultante. Lo ideal es que la forma real del perímetro del túnel sea lo más parecida posible a la teórica, aunque las irregularidades y discontinuidades de la roca dificultan dicho objetivo.

La maquinaria para la perforación de los taladros se puede hacer por dos procedimientos: el primero es mediante el uso de martillos manuales accionados por aire comprimido, y el segundo es mediante martillos hidráulicos montados sobre una máquina automóbvil denominada jumbo.

Figura 7. Jumbo, maquinaria de perforación



Fuente: ISAGEN, Grupo Proyecto Sogamoso

El Jumbo es la máquina habitual de perforación. Los martillos funcionan a rotopercusión, es decir, la barrena gira continuamente ejerciendo simultáneamente un impacto sobre el fondo del taladro. Los rendimientos de perforación que se consiguen en los jumbos hidráulicos modernos, pueden superar los 3,5 m/min de velocidad instantánea de perforación.

Los tipos de explosivos que se deben utilizar en túneles dependen de las características de la roca, principalmente de su densidad, resistencia a compresión y velocidad de propagación sónica de la roca. El tipo de explosivo también depende del grado de humedad existente en la roca.

Figura 8. Explosivos para voladura



Fuente: ISAGEN, Grupo Proyecto Sogamoso

5.3 PROCEDIMIENTO DE EXCAVACIÓN DE LOS TÚNELES DE DESVIACIÓN

En el Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso, las excavaciones de las ventanas 1 y 2; las cuales se construyeron con el objeto de aumentar el número de frentes para así reducir el tiempo de excavación de los túneles de desviación, el método utilizado en estas fue la excavación a sección completa, ya que eran de dimensiones pequeñas en comparación con los túneles de desviación, en los cuales se realizó sección parcial, dividiendo la excavación de la bóveda, de la excavación de la destroza o banqueo (vertical).

La excavación se inicia materializando los puntos del trazado y puntos de perforación del túnel de desviación, con la respectiva señalización de toda el área a excavar. Una vez que el área esté marcada por topografía, se procederá a realizar las perforaciones para la voladura, el equipo utilizado para la excavación fueron dos perforadoras mecanizadas hidráulicas (Jumbos) con dos brazos y una canasta, cuyas dimensiones eran adecuadas para dominar la sección del túnel excavando la bóveda y luego el banqueo. Estos mismos jumbos fueron también utilizados para la colocación de los pernos de anclaje y donde se requirió de drenes. Estos dos jumbos se movilizaron desde el túnel de desvío 2 al túnel de desvío 1, los cuales programaban los trabajos para que no se detuviera ni atrasara ninguno de los frentes de obra.

Además de las perforadoras con dos brazos, se utilizó un montacargas hidráulico frontal para la carga de las voladuras, colocación de pernos, cerchas y demás servicios necesarios (por ejemplo fijación del tubo de ventilación).

Para el caso del sistema convencional de perforación y voladura se empleó la técnica de voladura controlada tersa o lisa “(smooth blasting)” las cuales garantizaban obtener las líneas de excavación previstas.

En la roca se hicieron perforaciones dependiendo de la geología y/o condiciones del sitio, como se definía en el esquema de patrón de voladura, una vez terminada las perforaciones se procedía a:

- Limpiar la perforación con aire a presión hasta que la perforación quede limpia y libre de detritos.
- Colocar el explosivo.
- Después de retirar el equipo y el personal y se comprobaba el cumplimiento de todas las medidas de seguridad en el área adyacentes, se efectuaba la voladura.

Figura 9. Proceso de voladura para bóveda en los túneles de desvío



Fuente: ISAGEN, Grupo Proyecto Sogamoso

La rezaga de los materiales después de la voladura respectiva se realizaba con la cargadora CAT 966 o similar, para ser llevada en volquetas a los sitios de depósito. La limpieza de la rezaga después de la voladura se realizaba hasta donde la pendiente y las condiciones de la excavación permitieran la maniobra segura de los equipos y del personal. De lo contrario esta se ejecutaba manualmente.

Así mismo se continuó con el proceso de excavación y sostenimiento respectivo en el túnel de desviación 2, luego de alcanzar una diferencia en la distancia de 20m desde la ventana de acceso, se inició de la misma forma la excavación del túnel de desviación 1.

En algunos casos por solicitud y aprobación por parte de la Interventoría se debían perforar huecos de exploración, para conocer la naturaleza y condiciones del material que se excavaría.

Terminadas las excavaciones hasta las líneas de diseño y antes de colocar la protección, se procedió con la remoción de salientes de roca (peines) y de las zonas de roca muy meteorizada y fracturada, de manera que las superficies de excavación quedaban conformadas con material firme y estable. Todos los sistemas de protección y refuerzo de taludes y superficies excavadas conservan una distancia, no mayor de 10m del frente de la excavación.

Figura 10. Voladura para banqueo en los túneles de desvío



Fuente: ISAGEN, Grupo Proyecto Sogamoso

Durante el proceso de excavación de los taludes y superficies finales según las cotas y dimensiones definidas por los planos de construcción, estos se protegieron con concreto lanzado, fibra metálica, pernos de anclaje para refuerzo. En toda la longitud de excavación se realizó protección en concreto lanzado con un espesor de 10 cm y colocación de malla electro-soldada en la mitad del espesor o concreto

adicionado con fibra metálica, además de la instalación de pernos donde eran requeridos.

En el proceso de excavación es importante el sistema de ventilación en los frentes de obra, es decir, la instalación de un ventilador. En este caso se utilizó un ventilador de 1800 r.p.m. y mediante la utilización de una manguera de aire de 2000mm de diámetro, el cual abasteció ambos túneles de desviación con un caudal de aire aproximado de $53\text{m}^3/\text{sg}$ por cada túnel.

Figura 11. Sistema de ventilación en los túneles de desvío



Fuente: ISAGEN, Grupo Proyecto Sogamoso

5.4 EQUIPOS

Los recursos (maquinaria y/o equipos) utilizados para las excavaciones de los túneles de desviación fueron:

- Jumbo Atlas 352 y 353.
- Cargador Cat 966 o similar.
- Volquetas doble troque y/o Volquetas Cat 730 o similares.
- Retroexcavadora 330 Cat con martillo hidráulico 2200 Atlas Copco o similar.

- Perforadores mineros tipo Ranger y/o Tamrock CHA 700.
- Motocompresor Atlas Copco E60 o similar.
- Martillos demolidores manuales y accesorios.
- Mini cargador tipo Bodcat con sus accesorios o similar.
- Equipo para concreto lanzado, bomba móvil Putzmaister o similar.
- Camiones mezcladores (“Mixers”).
- Equipo para instalación e inyección de anclajes.
- Carro tanque.
- Sistema de energía eléctrica, planta 60 Kw, iluminación.
- Herramienta menor.

A continuación se muestra una serie de imágenes de los recursos utilizados (Maquinaria), en las excavaciones:

Figura 12. Maquinaria utilizada en las excavaciones, 1° parte



Fuente: Grupo ISAGEN, Proyecto Sogamoso

Figura 13. Maquinaria utilizada en las excavaciones, 2° parte



5. Bomba móvil Putzmaister – Mixer



6. Lanzadora de concreto



7. Retroexcavadora



8. Volqueta Terex

Fuente: Grupo ISAGEN, Proyecto Sogamoso

5.5 MATERIALES

Estos son algunos de los materiales que se utilizaron para llevar a cabo las excavaciones de los túneles:

- Explosivos.
- Concreto lanzado.
- Pernos de anclaje Ø1”
- Malla electro soldada Q-2 o similar.
- Geotextil NT 1600.
- Brocas de perforación de 3”.

- Cemento portland Tipo I o Tipo III.
- Aditivos.
- Agua.
- Fibra de acero.

5.6 CLASIFICACIÓN DEL TERRENO

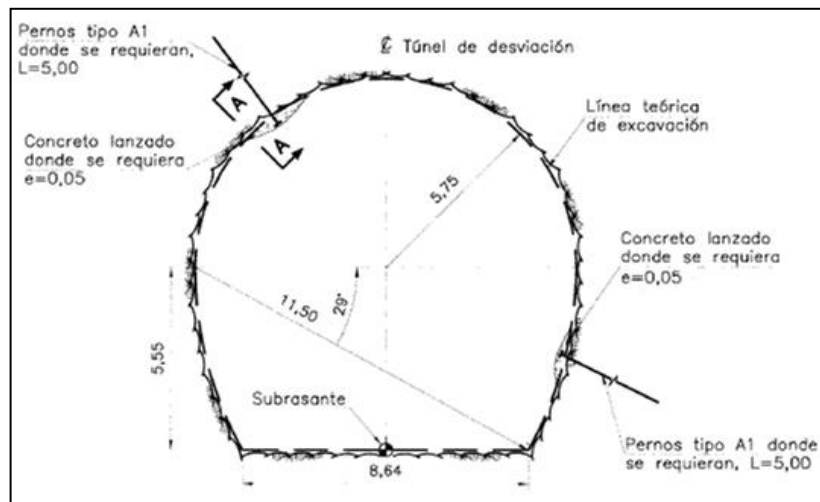
En las excavaciones subterráneas y a cielo abierto es importante tener en cuenta el tipo de terreno con el cual se va a trabajar, ya que dependiendo de la clasificación de este el rendimiento en las excavaciones puede ser alto o bajo según corresponda.

A continuación se describen los cuatro tipos de terrenos que se definieron en el proceso de excavación de los túneles de desviación del proyecto.

- **Terreno tipo I**

Corresponde esta clasificación a roca dura, poco fracturada y estable, caracterizada por bancos gruesos de arenisca, donde se puede avanzar sin necesidad de colocar soporte en el frente de la excavación. En este tipo de terreno las infiltraciones pueden presentarse en forma de chorros, pero concentradas a lo largo de las fracturas de la roca sin que produzca ningún tipo de inestabilidad. Después de realizar trabajos de desabombe de las superficies excavadas, no se requiere soporte excepto por la colocación de concreto lanzado con o sin fibra de acero de 5 cm de espesor y pernos por motivos de seguridad. En este tipo de terreno las obras se podrán excavar en una sola etapa y no habrá limitación de avance por ciclos de excavación.

Figura 14. Soporte terreno tipo I



Fuente: Archivo de planos Proyecto Sogamoso

Dependiendo de las condiciones del sitio, se podrá requerir de pernos de anclaje tipo A1 y/o concreto lanzado con o sin fibra de acero, según lo ordena la Interventoría en cualquier parte de la excavación.

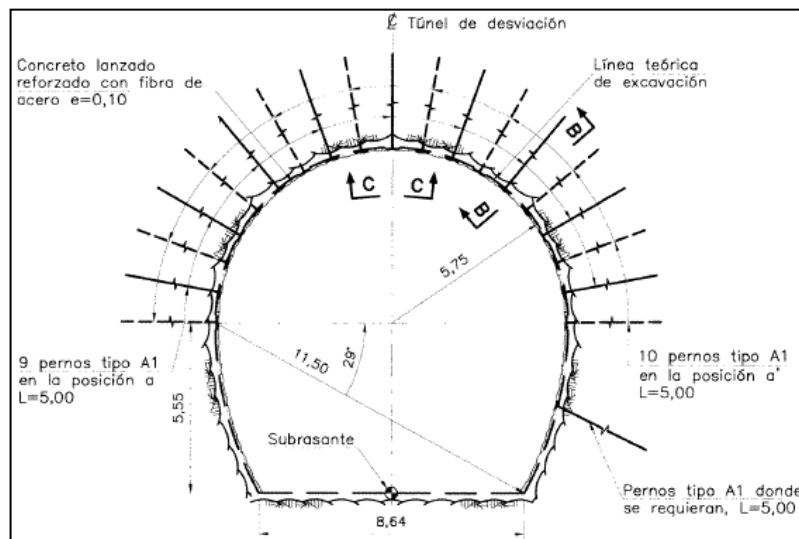
- **Terreno tipo II**

Corresponde esta clasificación a rocas de dureza media, moderadamente fracturada, caracterizada por bancos de arenisca y/o limolita de estratificación media. Pueden existir trazos de meteorización en algunos planos de discontinuidades, por lo que existe la tendencia a que se produzcan desprendimientos en la clave con el tiempo. Las infiltraciones pueden presentarse en forma de goteo y/o chorros, sin llegar afectar la estabilidad de las obras, limitándose a producir pequeños desprendimientos locales en la clave y en los hastiales. En este tipo de terreno la obra subterránea puede ser excavada en una sola etapa con limitación de avance máximo a 3 m por ciclo controlar esto y precisar.

El sistema de soporte para este terreno es como sigue:

- Colocación de 5 cm de concreto lanzado reforzado con fibra de acero en la sección superior, después de cada avance.
- Colocación de los pernos radiales mostrados en los planos y los indicados por Interventoría después de cada avance.
- Colocación de 5 cm de concreto lanzado reforzado con fibra de acero en la sección inferior, después de cada avance.
- Aplicación de 5 cm adicionales de concreto lanzado reforzado con fibra de acero, en la sección superior y las paredes a no más de cuatro avances del frente de excavación.

Figura 15. Soporte terreno tipo II



Fuente: Archivo de planos Proyecto Sogamoso

El sistema de soporte de un tramo debe estar colocado en su totalidad, como máximo siete días después de haberse efectuado la voladura correspondiente.

• Terreno tipo III A

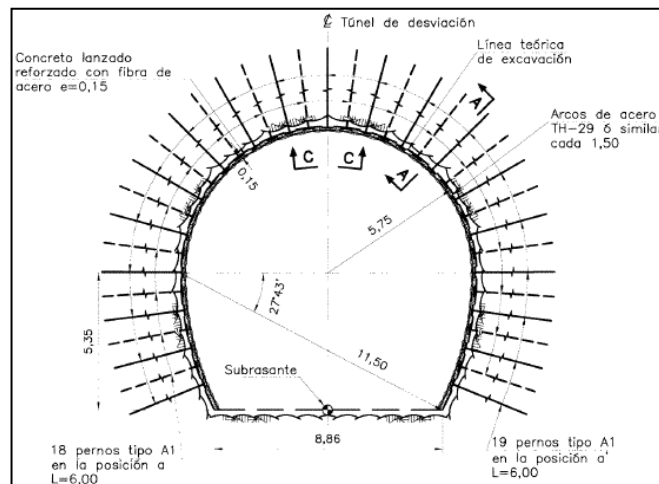
El terreno tipo III A corresponde a rocas de dureza media a baja, fracturada, caracterizada por bancos delgados de arenisca, limolita y/o de arcillolita, donde los planos de discontinuidad se pueden presentar alterados o meteorizados.

En este tipo de terreno el material empieza a desprenderse en el frente y no permite llevar la excavación en toda la sección, sino que se excava primero la sección superior y luego la sección inferior.

Las infiltraciones de agua si bien pueden ser de magnitud moderada, podrán aumentar apreciablemente los desprendimientos y deberán controlarse inmediatamente.

En terreno Tipo IIIA el túnel se excava en dos etapas, con una altura mínima para la banca (sección inferior) de 3 m. el avance por ciclo en la sección superior no podrá ser mayor de 1,5 m aclarándose que éste es un avance máximo, pudiéndose encontrar sectores donde el avance posible por ciclo necesariamente será menos. La excavación de la banca no deberá tener más de 4,5 m de pared sin soporte, pudiéndose disminuir esta distancia si la Interventoría así lo solicita.

Figura 16. Soporte terreno tipo IIIA



Fuente: Archivo de planos Proyecto Sogamoso

El sistema de soporte es como sigue:

- Aplicación de una primera capa de 5 cm de concreto lanzado reforzado con fibra en la sección superior después del avance.

- Colocación de arcos de acero estructural mostrados en los planos, espaciados máximo cada 1,5 m, en la sección superior después de cada avance. Este espaciamiento se podrá reducir hasta 1 m si la Interventoría así lo ordena.
- Aplicación de 5 cm adicionales de concreto lanzado reforzado con fibra de acero, en la sección superior, después de cada avance.
- Colocación de anillos de pernos radiales Tipo A1 según lo mostrado en los planos, en la sección superior a no más de dos avances de la excavación.
- En la sección inferior el soporte deberá ser colocado siguiendo la misma secuencia anteriormente descrita para la sección superior y deberá completarse a no más de cuatro avances del frente de excavación de la banca. En caso de material muy inestable esta distancia se deberá reducir si la Interventoría así lo ordena.
- Colocación de 5 cm adicionales de concreto lanzado reforzado con fibra de acero en la sección superior e inferior embebiendo completamente los arcos metálicos, a no más de 10 avances del frente de excavación de la sección superior.
- El sistema de soporte de un tramo deberá estar colocado en su totalidad, como máximo 20 días calendario después de haberse efectuado la voladura correspondiente. Este tiempo podrá ser menor si la Interventoría así lo ordena.

- **Terreno tipo III B**

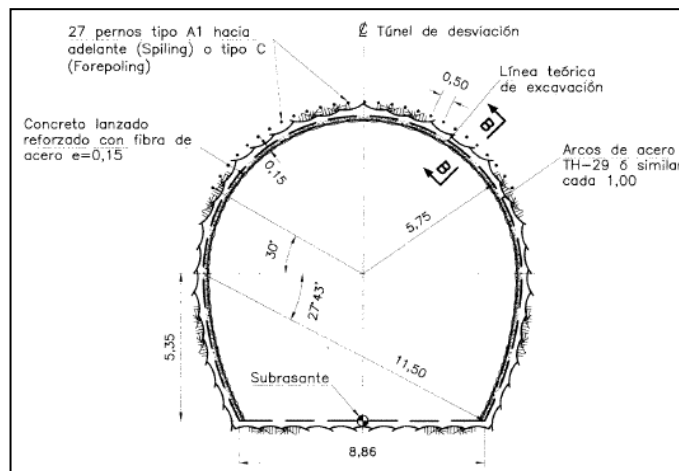
El terreno Tipo IIIB corresponde a materiales de roca muy alterada, friables o deleznales, a zonas de falla o esfuerzo con material muy fracturado, o en aquellos lugares donde se encuentren bolsas de arena. Se incluyen en este terreno los depósitos de suelo residual y taludes en la zona aledaña a los portales. Las infiltraciones de agua pueden ser moderadas y pueden aumentar apreciablemente los desprendimientos por lo que se deberán controlar rápidamente.

En el terreno Tipo IIIB se deberán colocar pernos en “spiling” o pernos Tipo C “forepoling” antes de cada avance, y en especial para controlar con el primero deformaciones del frente previstas al avance de la excavación en materiales blandos con algo de empujes y con el segundo tipo para sostener el techo previamente al avance en materiales de baja cohesión, deleznable y/o de roca muy fracturada, alterada, cuando la Interventoría así lo solicite. En este tipo de terreno se podrá requerir la utilización de un núcleo central de sostenimiento natural del frontón mientras se coloca el soporte perimetral.

En este tipo de terreno se puede requerir el uso de perforaciones piloto al frente de excavación y huecos de drenaje para aliviar presiones de agua.

En terreno Tipo IIIB, los túneles se deberán excavar en dos etapas, con una altura mínima para la banca (sección inferior) de 3 m. El avance por ciclo en la sección superior no podrá ser mayor de un m, aclarándose que éste es un avance máximo, pudiéndose encontrar sectores donde el avance posible por ciclo necesariamente será menor. La excavación de la banca no tiene más de 4,5 m de pared sin soporte, pudiéndose disminuir esta distancia si la Interventoría así lo solicita.

Figura 17. Soporte terreno tipo IIIB



Fuente: Archivo de planos Proyecto Sogamoso

El sistema de soporte para este terreno Tipo IIIB deberá ser como sigue:

- Colocación de pernos “spiling” o pernos Tipo C “forepoling” hacia adelante antes de cada avance, de acuerdo con lo mostrado en los planos y lo que la Interventoría ordene o apruebe.
- Aplicación de una primera capa de 5 cm de concreto lanzado reforzado con fibra, en la sección superior después del avance.
- Colocación de arcos de acero estructural mostrados en los planos, espaciados máximo cada 1 m en la sección superior después de cada avance. Este espaciamiento se podrá reducir cuando la Interventoría así lo ordene.
- Colocación de 5 cm adicionales de concreto lanzado reforzado con fibra en la sección superior después de cada avance.
- En la sección inferior, el soporte deberá ser colocado siguiendo la misma secuencia anteriormente descrita para la sección superior, y completarse a no más de cuatro avances del frente de excavación de la banca. En caso de material muy inestable esta distancia se deberá reducir si así la Interventoría lo ordena.
- Colocación de 5,0 cm adicionales de concreto lanzado reforzado con fibra de acero en la sección superior e inferior embebiendo completamente los arcos metálicos, a no más de 10 avances del frente de excavación de la sección superior.
- El sistema de soporte de un tramo está colocado en su totalidad, como máximo 20 días calendario después de haberse excavado por medios mecánicos en este tipo de terrenos. Este tiempo podrá ser menor si la Interventoría así lo ordena.

5.7 MANIOBRA DE DESVÍO

La maniobra para desviar las aguas de su cauce natural hacia los dos túneles se realizó conformando una barrera sobre el lecho del río denominada preataguía, en

la zona aguas arriba del sitio donde se construye la presa. Esta estructura tiene una altura de 37 metros y ofrece protección contra las crecientes.

Figura 18. Maniobra de desvío del río Sogamoso



Fuente: Grupo ISAGEN, Proyecto Sogamoso

Finalmente en una zona ubicada aguas abajo del sitio que ocupa la presa, justo antes de donde los túneles de desviación devuelven las aguas al río Sogamoso, se construyó una barrera denominada contraatagüa, que consiste en una estructura provisional que tiene como fin evitar que el río se devuelva después de salir de los túneles de desvío.

5.8 INFORMES RESUMEN DEL PROCESO DE EXCAVACIÓN DE LOS TÚNELES DE DESVIACIÓN (ELABORADOS POR LA FIRMA INTERVENTORA)

- **Febrero de 2010**

Túnel de Desviación No. 2

- *Por ventana 1:* La excavación del túnel de desviación, aguas arriba y aguas abajo se iniciaron en el mes de Febrero de 2010, a partir de la abscisa K0+535,88 sobre la cual se interceptan con la ventana 1, iniciando con la

excavación de la bóveda en ambas direcciones, en terreno tipo I, hasta la abscisa K0+525,00 aguas arriba y hasta la abscisa K0+546,00 aguas abajo.

Figura 19. Excavación túnel de desviación



Fuente: Interventoría, Proyecto Sogamoso

- *Por ventana 2:* La excavación se inició en sentido aguas abajo el día 4 de Febrero de 2010 en la abscisa K0+844,03 y en el de aguas arriba el día 6 de Febrero de 2010 en la abscisa K0+836,25. En total hasta el día 25 de Febrero de 2010 se realizaron 23 ciclos para 42,3 m hacia aguas arriba y 37,29 m hacia aguas abajo. El avance promedio diario fue de 3,61 m y el factor de carga promedio es de 1,82 Kg/m³.

Túnel de Desviación No. 1

Por ventana 2: La excavación se inició el día 16 de Febrero de 2010 en la abscisa K0+967,40 en sentido aguas abajo y el 20 de Febrero de 2010 sentido aguas arriba en la abscisa K0+959,10. En total se realizó un total de 9 ciclos para 31,28 m, 17,10 hacia aguas arriba y 14,18 m hacia aguas abajo. El avance promedio diario de 3,13 m y el factor de carga promedio es de 1,70 Kg/m³.

- **Marzo de 2010**

Túnel de Desviación No. 2

- *Por ventana 2:* Se excavaron 112.38 m, 98 m en el sentido aguas arriba y 14.38m en el sentido aguas abajo para un acumulado de 195,9 m, con un rendimiento promedio de 4.01 m en el periodo y un factor de carga de 1.47 Kg/m³. La excavación se adelantó en terreno tipo II. Se perforaron e inyectaron de 489 pernos tipo A1 sistemáticos de 5.0 m de longitud, se colocó concreto lanzado con fibra de acero en un espesor de 0.10 m. Se efectuó una perforación piloto de 20 m de longitud iniciando en la abscisa K0+786.60.
- *Por ventana 1:* Se continuo con la excavación del túnel de desviación 2 entre abscisas k0+525 y k0+429.8 aguas arriba en terreno tipo I para un avance acumulado de 109.18m y un rendimiento promedio de 3.54ml/día. De igual manera se continuó con el sistema de soporte consistente en una capa de concreto lanzado con fibra de acero de espesor 0.05m y pernos localizados tipo A1 de longitud 3.0 m.

Se continuo con la excavación del túnel de desviación 2 entre abscisas k0+546.10 k0+578.5 aguas abajo en terreno tipo I para un avance acumulado de 32.4m. Igualmente se continuó con el sistema de soporte consistente en una capa de concreto lanzado con fibra de acero de espesor 0.05 m y pernos localizados tipo A1 de longitud 3.0 m.

Túnel de Desviación 1

- *Por ventana 1:* Se continuo con la excavación del túnel de desviación 1 entre abscisas k0+640.70 y k0+568 aguas arriba en terreno tipo I para un avance acumulado de 72.70 m. De igual manera se continuó con el sistema de soporte

consistente en una capa de concreto lanzado con fibra de acero de espesor 0.05 m y pernos localizados tipo A1 de longitud 3.0 m.

Se continuo con la excavación del túnel de desviación 1 entre abscisas k0+644.90 y k0+659 aguas abajo en terreno tipo I para un avance acumulado de 14.10 m. De igual manera se continuó con el sistema de soporte consistente en una capa de concreto lanzado con fibra de acero de espesor 0.05 m y pernos localizados tipo A1 de longitud 3.0 m.

- **Abril de 2010**

Túnel de Desviación No. 2

Se continuo la excavación del túnel entre abscisas K0+429.8 y K0+377.60 y entre K0+578.10 y K0+616.2 en terreno tipo I para un avance durante el periodo de 89.90 m. Se continuó con el sistema de soporte consistente en una capa de concreto lanzado con fibra de acero de espesor 5 cm en la clave y pernos localizados tipo A1 de longitud 3.0 m para terreno tipo I. A partir de la abscisa K0+394.5 se ordena un tratamiento de instalación de 12 arcos tipo TH-29 espaciados a 1.0 m los primeros 4 y luego a 1.50 m hasta la abscisa K0+379.90 más la colocación de malla electro soldada y colocación de concreto lanzado en toda la sección, y pernos tipo A1 de 5 m de longitud, y posteriormente ejecutaron las inyecciones de consolidación en la zona afectada.

Figura 20. Encuentro de excavaciones túnel de desvió 2 el día 15 de abril



Fuente: Grupo ISAGEN, Proyecto Sogamoso

Figura 21. Túnel de desviación 2, encuentro de excavaciones



Fuente: Interventoría, Proyecto Sogamoso

Túnel de Desviación No. 1

Se continuo la excavación del túnel entre abscisas K0+568 y K0+495.25 y entre K0+659 y 704.90 en terreno tipo II, para un avance de 209.65 m. Se continuó con el sistema de soporte consistente en una capa de concreto lanzado con fibra de acero de espesor 0.05 m y pernos localizados tipo A1 de longitud 3.0 m, para terreno tipo I en la clave, dos capas de concreto neumático de espesor 0.10 m y pernos sistemáticos A1x3.0 m para terreno tipo II.

Figura 22. Túnel de desviación 1



Fuente: Interventoría, Proyecto Sogamoso

- **Mayo de 2010**

Túneles de Desviación

Las excavaciones de los túneles a esta fecha se desarrollaron en forma normal en cuanto a condiciones estructurales geológicas y procedimiento. Los atrasos se debieron principalmente al inicio tardío de la construcción de las ventanas y los bajos rendimientos obtenidos en las excavaciones y la poca disponibilidad de recursos. A la fecha se tuvieron avances de 613 y 670 m en bóveda y de 250 y 238 m en banco, lo que representó avances del 55% y 60% respectivamente para los

túneles No. 1 y 2, la excavación de la bóveda de los túneles se inició el 7 de Febrero de 2010, obteniéndose rendimientos inferiores a los esperados, aunque estos mejoraron en las otras dos fases de excavación, (Banca y Hastiales).

Figura 23. Emportalamiento bóveda túnel de desviación 2



Fuente: Interventoría, Proyecto Sogamoso

- **Junio de 2010**

Túnel de Desviación No. 1

Se continuó con la excavación a media sección en dos frentes activos de este túnel completándose a la fecha de este informe, un acumulado de 9200 m³. En este periodo se instalaron un total de 119 pernos tipo A1 de 5 m de longitud para un acumulado de 370 pernos. Adicionalmente el contratista instaló 8 arcos tipo TH-29 que corresponden al soporte para terreno tipo IIIA.

Figura 24. Avance en excavación del túnel de desvío 2



Fuente: Grupo ISAGEN, Proyecto Sogamoso

Túnel de Desviación No. 2

Entre el 26 de Mayo y el 9 de Junio de 2010, se dio inicio a la excavación subterránea del Túnel de Desvío 2 por el portal de entrada, avanzando a media sección con la bóveda, con una sección de 8,15 m de alto por 16,30 m de ancho en los primeros 18 m los cuales fueron clasificados como roca tipo IIIB, obteniéndose un rendimiento de 1,20 m/día; luego se continuó la excavación reduciendo la sección de la bóveda a 6,65 m de alto por 13,30 m de ancho en un tramo de 12,00 m clasificado como terreno tipo IIIA entre el 9 y el 14 de Junio con un rendimiento de 2,4 m/día; al final se excavó la zona con una última sección, con una bóveda de 5,65 m de alto por 11,30 m de ancho en un tramo de 38,18 m clasificado como terreno tipo II con un rendimiento de 3,8 m/día.

Figura 25. Trabajos en portal de entrada túnel de desviación 2



Fuente: Interventoría, Proyecto Sogamoso

- *Ventana 1*: Por este frente aguas arriba, se continuó la excavación a media sección desde el K0+294,00 hasta el K0+180,00. A lo largo de este tramo de 114,00 m, se ha mantenido constante la clasificación de la roca como tipo II y se ha obtenido un rendimiento de 3,68 m/día.

- **Julio de 2010**

Túnel de Desviación No. 1

La excavación de la bóveda se inició desde el portal de entrada y avanzó hasta encontrarse con el frente que venía desde ventana 1 hacia aguas arriba; (abscisa K0+187,30), quedando completamente terminada la excavación de bóveda en este túnel. Se excavó en banco entre abscisas K0+973 y el K0+1041,22, equivalente a una longitud de 68,02 m, quedando así completa la excavación entre el K0+655 y el portal de salida, es decir, una longitud de 386,02 m. por otra parte el día 22 de Julio de 2010 se iniciaron las actividades para excavación del banco a partir de la abscisa K0+210 hasta la abscisa K0+253.

Túnel de Desviación No. 2

En la bóveda, se continuó la excavación en el frente portal de entrada entre abscisas, K0+157,10 a K0+163,10 con clasificación de terreno como tipo II. Simultáneamente, se continuó con la excavación del túnel por Ventana 1 aguas arriba, la cual se terminó de excavar con sección de bóveda clasificada en terreno tipo II, entre el K0+180,00 a K0+163,10, abscisa en la cual se encontraron los dos frentes de excavación el día 29 de Junio de 2010.

- **Agosto de 2010**

Túnel de Desviación No. 1

Se finalizó la excavación del túnel de desviación 1 con la excavación del banqueo en el tramo comprendido entre el portal de entrada y la intersección con la Ventana 1, la cual se ejecutó detonando el sector del emboquille del túnel, comprendido entre K0+172,22 a K0+202,22; seguidamente, desde el K0+202,22 al K0+210,00 y finalmente continuando a partir del K0+253,00 hasta el K0+610,00. Luego, se hizo la remoción de rezaga y se perfilaron los hastiales; actividades que se desarrollaron hasta el día 21 de Agosto. El 27 de Agosto se procedió con el banqueo pendiente en la intersección con la Ventana 1 comprendido entre K0+610,00 a K0+655,00, quedando finalizada en un 100% la excavación del túnel de desviación 1 en toda su extensión.

Túnel de Desviación No. 2

Se finalizó la excavación para banqueo del túnel de desviación 2 en toda su longitud el día 2 de agosto, quedando completamente perfilado y rezagado al igual que los tratamientos de protección y soporte, para proceder con las actividades correspondientes al revestimiento. Posteriormente, el día 27 de Agosto, se procedió con el banqueo pendiente en la intersección con la Ventana 1 comprendido entre el K0+520,00 y el K0+560,00, quedando finalizado en un 100% la excavación de este túnel.

Figura 26. Túneles de Desviación. Desvió del río Sogamoso



Fuente: Grupo ISAGEN, Proyecto Sogamoso

5.9 CONTROL DE AVANCE DE OBRA CON CURVA S

El proceso de programación de actividades de construcción es un proceso continuo, involucra organización, planificación, control y reorganización; incorpora todos los recursos requeridos y el tiempo estipulado para la finalización de las actividades. La planificación que involucra el plan de actividades y recursos, decide que es lo que se quiere lograr y lo más importante *como se va a lograr*. Es un proceso de resultados esperados y anticipación del futuro. En el *Control* se compara lo que se ha logrado en contra de lo que fue planificado y entonces mirar atrás y aprender de la experiencia previa; la reorganización es la re-orientación de los requerimientos de acuerdo con lo que se encuentre en el proceso de control. Hay varias técnicas de programación tales como las gráficas de progreso acumulado que se conocen como curvas S o gráfica de barras.

La *Curva S* es una representación gráfica del avance acumulado del proyecto en función del tiempo y sirve para comparar el avance real con el avance esperado.

Esta es utilizada en administración de proyectos normalmente como una estructura curva para mostrar el comportamiento de los costos acumulados, horas laboradas u otras cantidades contra el tiempo.

La curva S tiende a tener dicha forma debido a que al inicio del proyecto el avance es lento por los procesos de instalación de las condiciones de trabajo, el acoplamiento de los trabajadores, así como el almacenamiento de los materiales necesarios, por lo que se tiene una tasa de producción baja. A la mitad del proyecto; en la etapa de ejecución y control, se tiene un avance más rápido, pero nuevamente al final del proyecto se vuelve lento el proceso de construcción. Esto nos lleva a tener una forma de “S” alargada, como se muestra a continuación:

Gráfica 1. Esquematización de una curva “s”



Estas curvas pueden aplicarse para todo el proyecto en general, o en su defecto por grupo de actividades.

En el caso del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso, por ser un proyecto de gran magnitud, el cual encierra un conjunto de obras relacionadas con la Ingeniería

Civil, siendo una de estas la construcción de los túneles de desviación, se vio en la necesidad de realizar un breve seguimiento y análisis a todo el proceso de excavación de estos túneles.

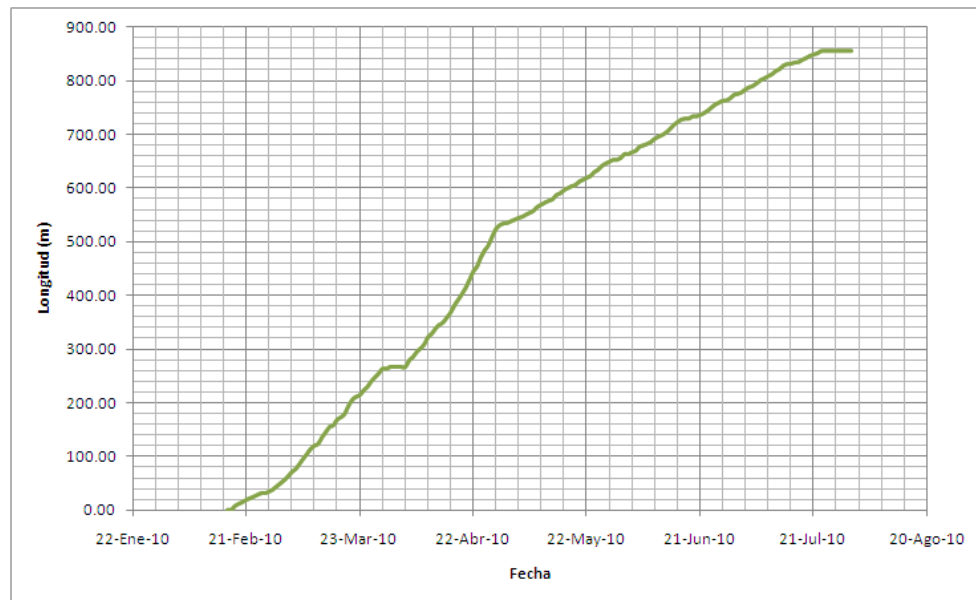
Con base en toda la información existente y con el objeto de facilitar el análisis de la información, en este documento se generó el gráfico de la curva S que relaciona la longitud excavada en metros en función del tiempo.

5.9.1 Análisis en excavaciones de Bóveda. En las gráficas 2 y 3 se observa el comportamiento de las excavaciones en los túneles de desviación.

- **Túnel de desviación No. 1**

Los datos obtenidos se encuentran tabulados en los anexos G y H del presente proyecto.

Gráfica 2. Proceso de excavación en bóveda túnel de desviación 1



Con relación a la gráfica anterior se puede observar que durante los meses de marzo y abril en las excavaciones del túnel de desviación No. 1 el avance fue

mayor, ya que en este tiempo el número de frentes en actividad fue de 2, comparado con los otros meses de ejecución; según la tabla 2.

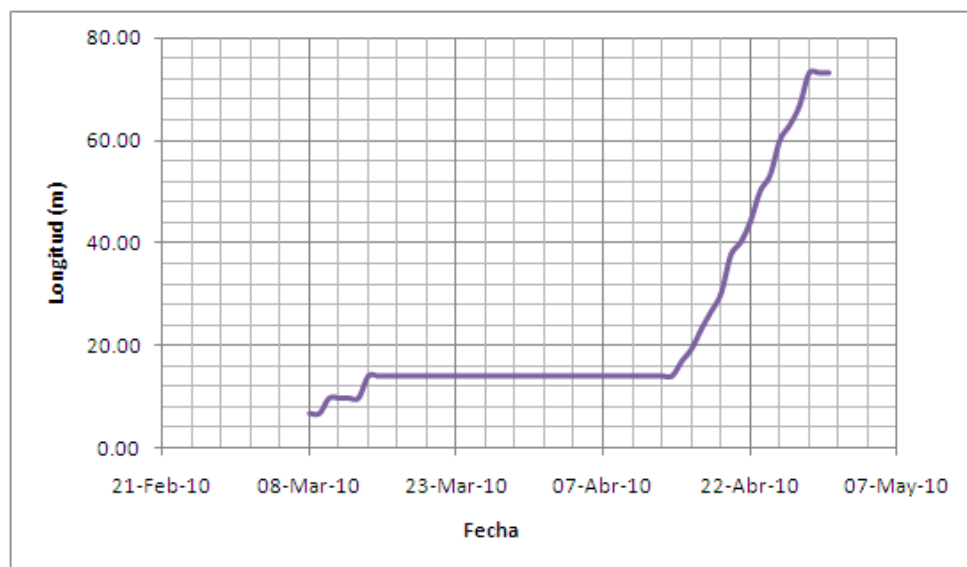
A continuación se consignan los datos en promedio del número de frentes en actividad del túnel de desviación No. 1, indicados por meses durante el proceso de excavación.

Tabla 2. Promedio No. De frentes, túnel de desvío 1

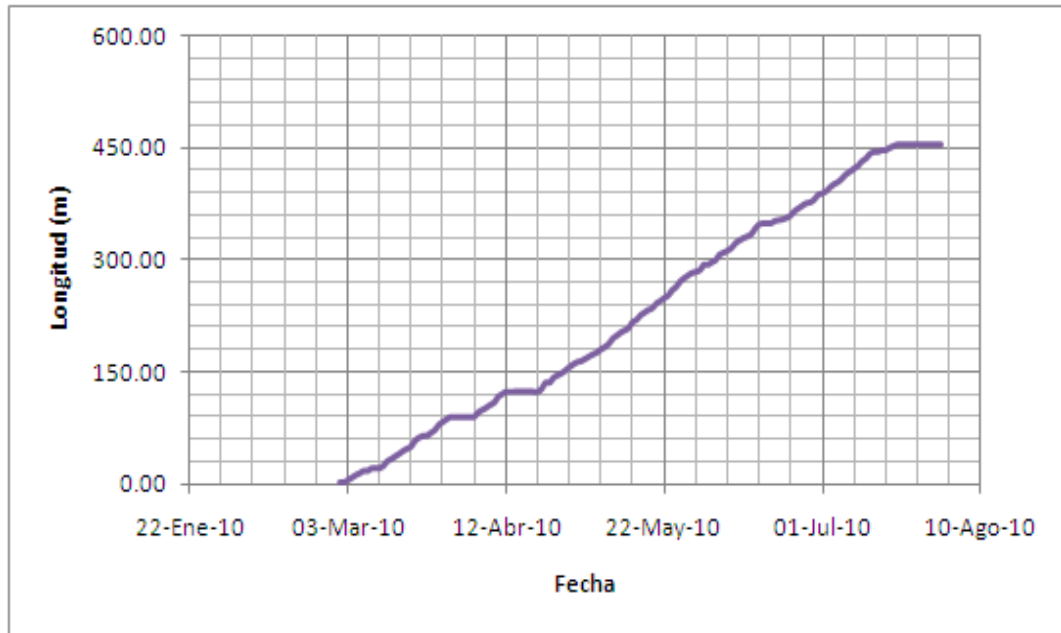
Mes	% del N° de Frentes
Febrero	1
Marzo	2
Abril	2
Mayo	1
Junio	1
Julio	1

A continuación se muestran las gráficas por frentes de los avances de excavación del túnel de desvío 1. Los datos obtenidos se encuentran tabulados en los anexos K - Ñ del presente proyecto.

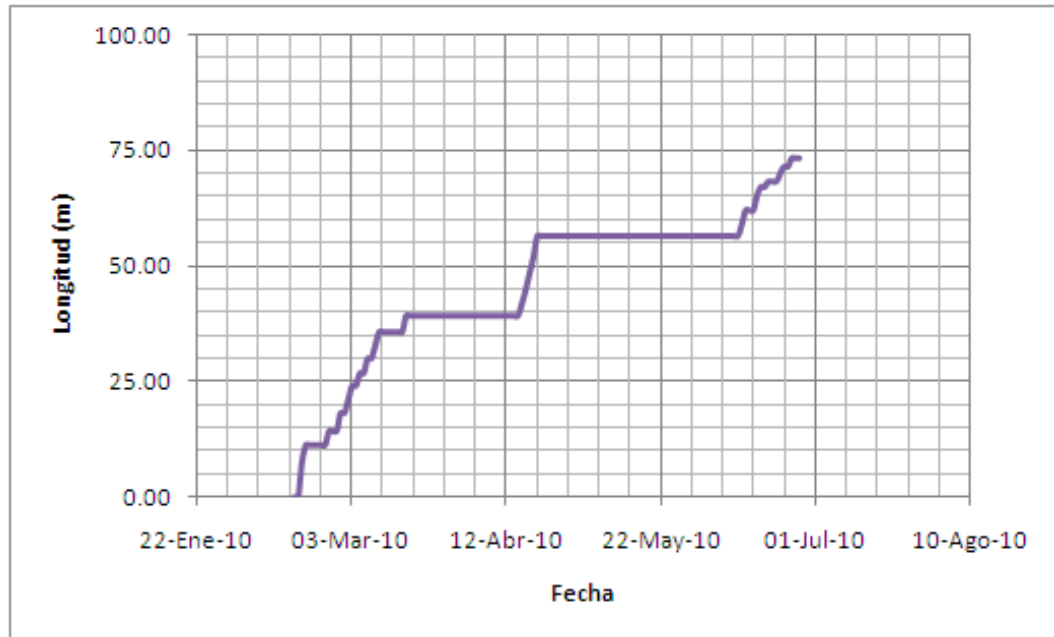
Gráfica 3. Proceso de excavación TD1 X V1 Aguas Abajo



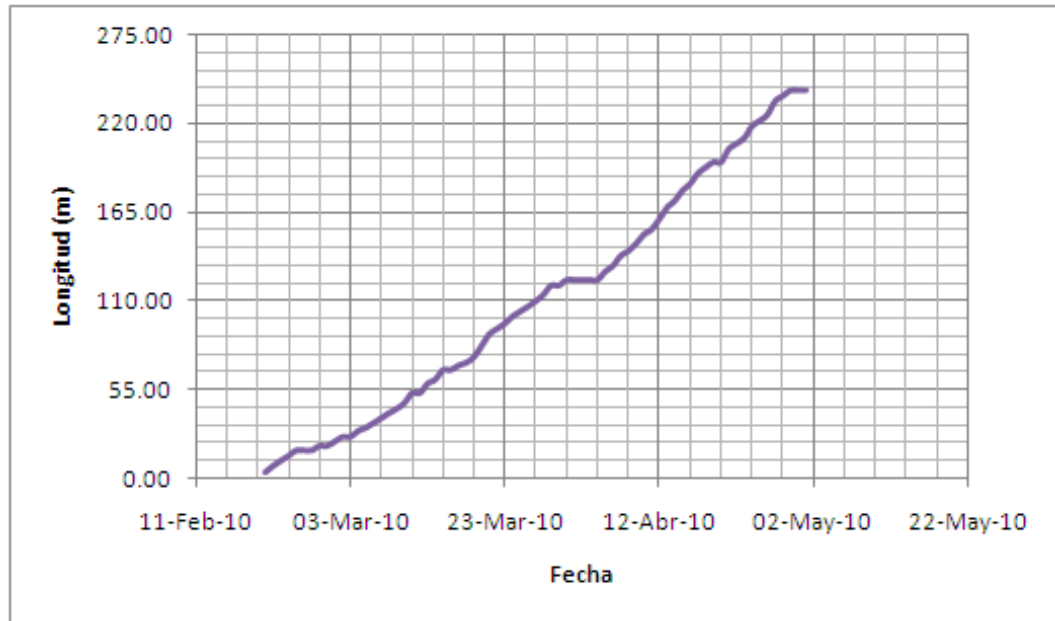
Gráfica 4. Proceso de excavación TD1 X V1 Aguas Arriba



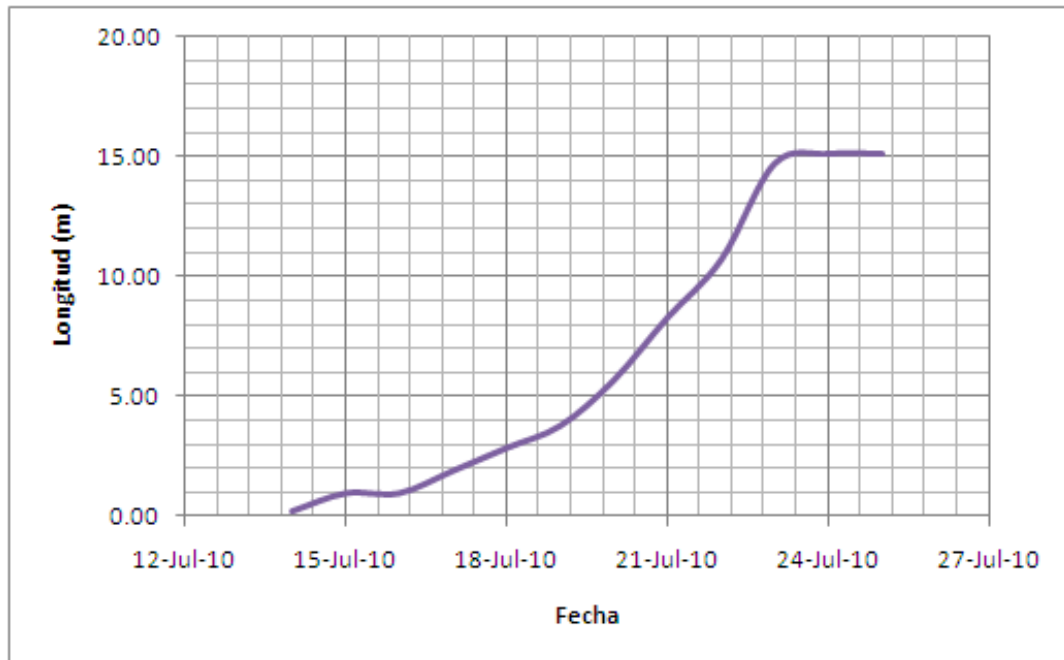
Gráfica 5. Proceso de excavación TD1 X V2 Aguas Abajo



Gráfica 6. Proceso de excavación TD1 X V2 Aguas Arriba



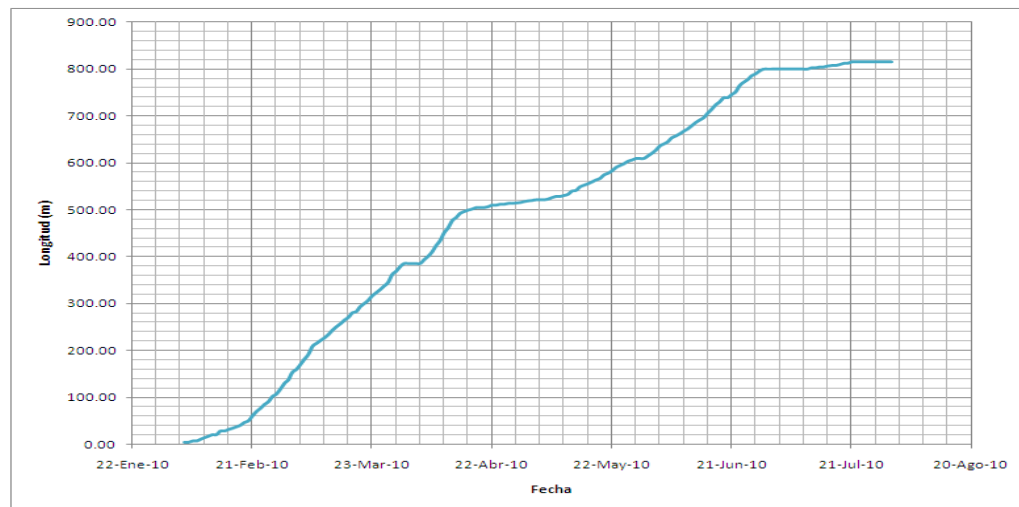
Gráfica 7. Proceso de excavación TD1 X Portal Entrada Aguas Abajo



- **Túnel de desviación No. 2**

A continuación se muestra la gráfica resultante de los reportes realizados por el grupo de Interventoría, luego de esta recopilación, se procedió a calcular el avance acumulado para así finalmente obtener la curva S (Curva de avance) del respectivo proceso de excavación. Los datos obtenidos se encuentran tabulados en los anexos I y J del presente proyecto.

Gráfica 8. Proceso de excavación en bóveda túnel de desviación 2



Según lo mostrado en la gráfica de excavación en bóveda del túnel de desviación No. 2, se observa que la curva en el mes de marzo y junio presenta mayores avances en comparación con los otros meses. Esto se debe principalmente que durante este tiempo en promedio se trabajó en 2 frentes de obra.

También se observa que en los meses de febrero abril y mayo el avance es menor debido a que solo se registraron trabajos en un frente de dichas excavaciones.

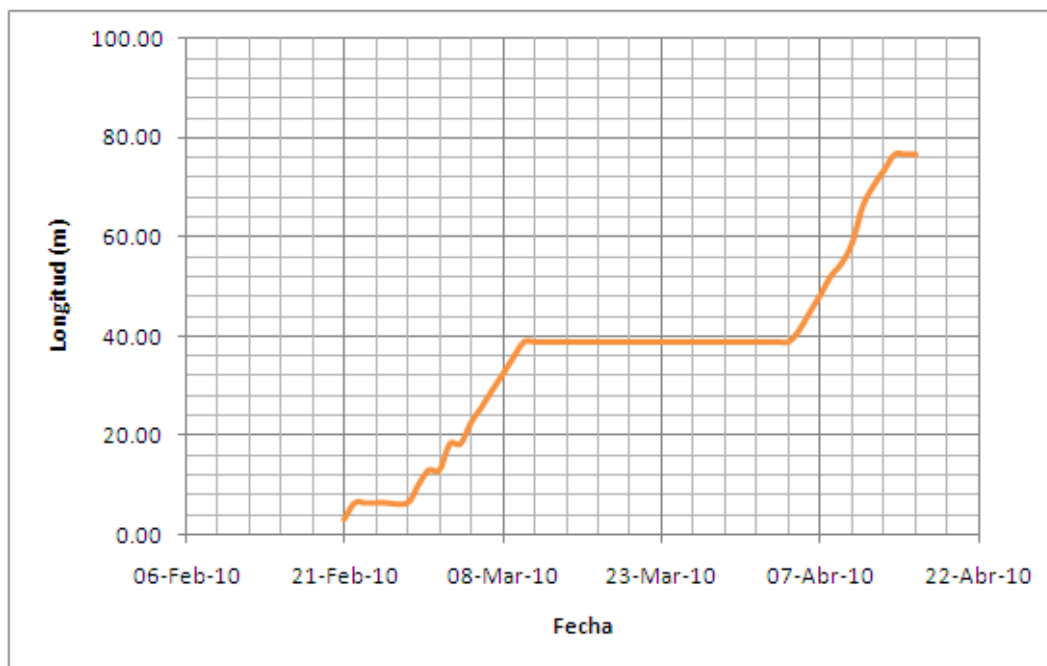
A continuación se consignan los datos en promedio del número de frentes en actividad del túnel de desviación No. 2, indicados por meses durante el proceso de excavación.

Tabla 3. Promedio No. De frentes, túnel de desvío 2

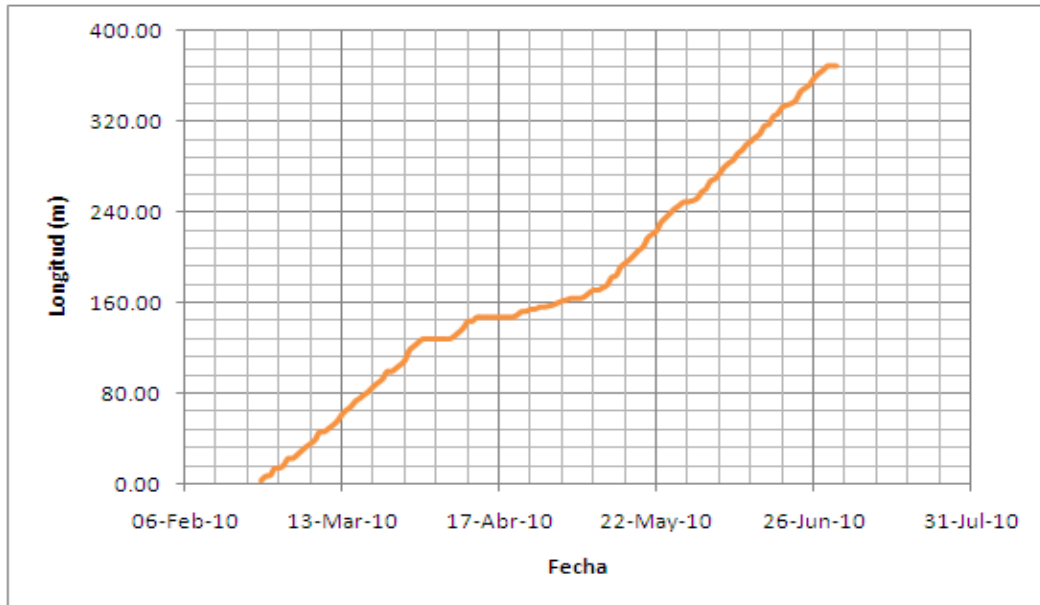
Mes	% del N° de Frentes
Febrero	1
Marzo	2
Abril	1
Mayo	1
Junio	2
Julio	0

A continuación se muestran las gráficas por frentes de los avances de excavación del túnel de desvío 2. Los datos obtenidos se encuentran tabulados en los anexos O - S del presente proyecto.

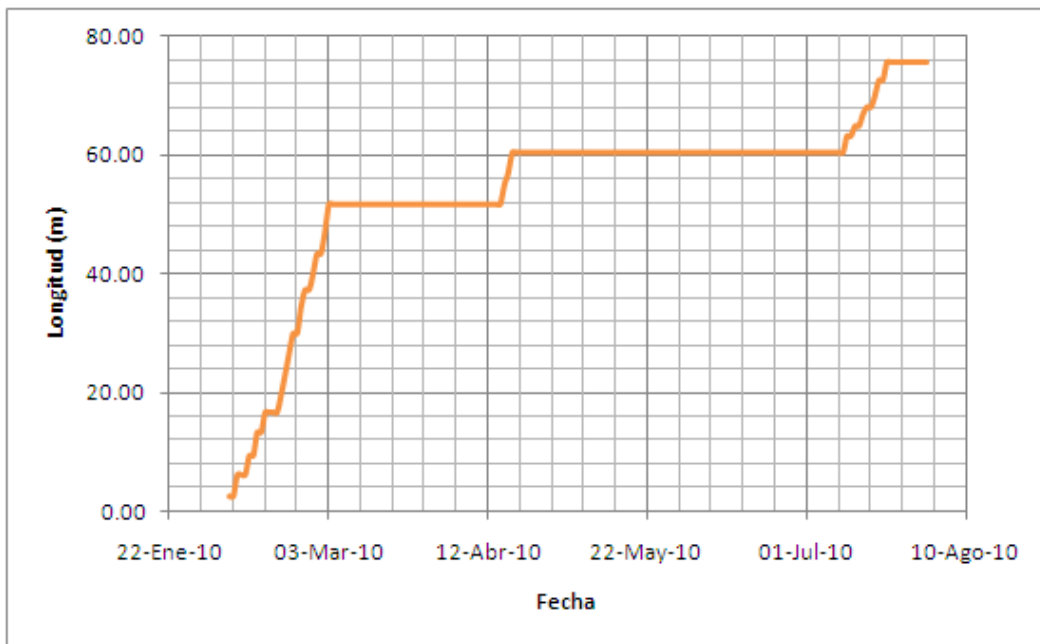
Gráfica 9. Proceso de excavación TD2 X V1 Aguas Abajo



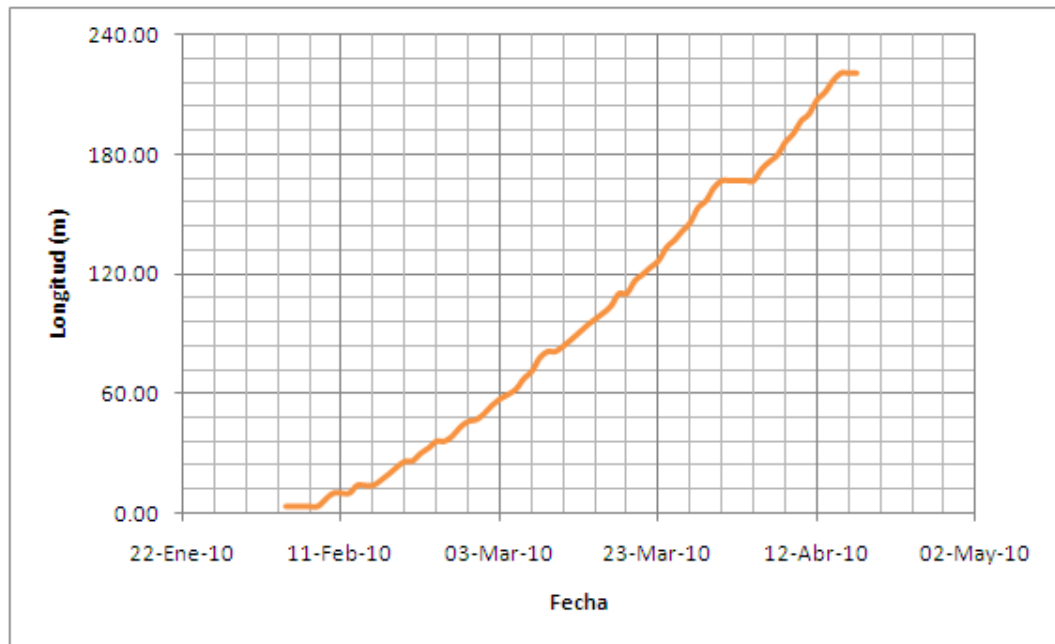
Gráfica 10. Proceso de excavación TD2 X V1 Aguas Arriba



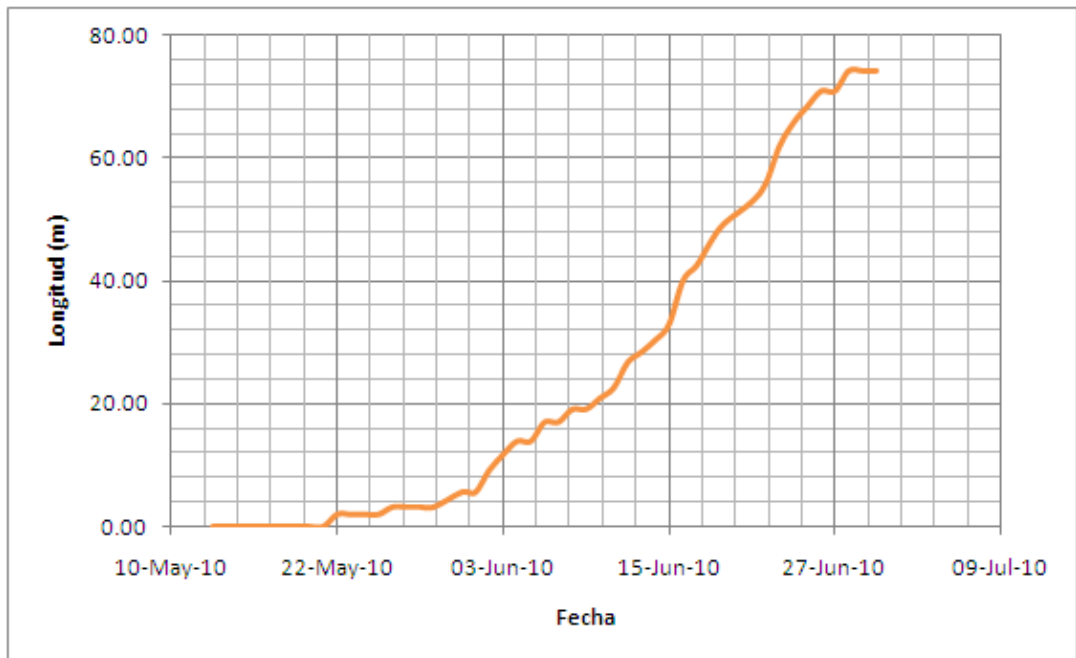
Gráfica 11. Proceso de excavación TD2 X V2 Aguas Abajo



Gráfica 12. Proceso de excavación TD2 X V2 Aguas Arriba



Gráfica 13. Proceso de excavación TD2 X Portal Entrada Aguas Abajo



5.9.2 Análisis de excavaciones en Banqueo. Las gráficas 14 y 15 muestran todo el proceso de excavación por banqueo durante el tiempo de ejecución de los túneles de desviación; sabiendo que el trabajo de excavación del banqueo de los

túneles, en los cuales se perforaban los barrenos para excavar la sección de la bóveda, para luego hacer voladura en banco y rezaga de material de todo el tramo.

- **Túnel de desviación No. 1**

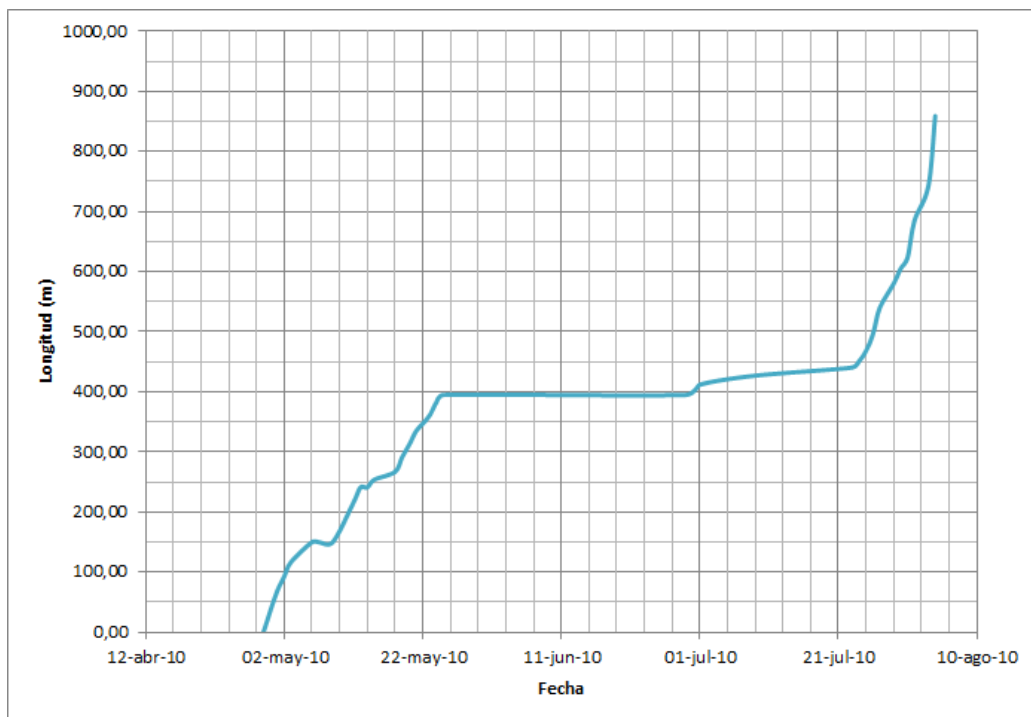
Aproximadamente el banqueo en el túnel de desvió 1 inició el día 30 de abril desde ventana 2 hacia aguas abajo en la Abscisa K1+008 hasta la Abscisa K0+972 con un avance del 36 m.

A continuación se consignan los datos de avance de excavación por banqueo del túnel de desvió 1 y el comportamiento en la gráfica.

Tabla 4. Avance en excavaciones por banqueo, Túnel de desviación 1

Túnel de desviación 1			Túnel de desviación 1		
Fecha	Avance	Acumulado	Fecha	Avance	Acumulado
30-Abr-10	36.00	36.00	25-May-10	12.00	395.00
01-May-10	33.00	69.00	29-Jun-10	0.00	395.00
02-May-10	24.00	93.00	01-Jul-10	17.00	412.00
03-May-10	24.00	117.00	09-Jul-10	15.00	427.00
06-May-10	33.00	150.00	23-Jul-10	13.50	440.50
12-May-10	66.00	216.00	24-Jul-10	10.50	451.00
13-May-10	25.00	241.00	25-Jul-10	17.00	468.00
15-May-10	13.00	254.00	26-Jul-10	28.00	496.00
18-May-10	13.00	267.00	27-Jul-10	44.00	540.00
19-May-10	24.00	291.00	29-Jul-10	40.00	580.00
20-May-10	20.00	311.00	30-Jul-10	25.00	605.00
21-May-10	23.00	334.00	31-Jul-10	18.00	623.00
22-May-10	13.00	347.00	01-Ago-10	62.00	685.00
23-May-10	14.00	361.00	03-Ago-10	57.00	742.00
24-May-10	22.00	383.00	04-Ago-10	117.00	859.00

Gráfica 14. Análisis de excavación por banqueo, Túnel de desvió 1



No se encontró avance de excavación por banqueo desde la ventana 1 hacia aguas abajo, ya que la excavación se realizó por ventana 2 hacia aguas arriba en su totalidad durante el mes de mayo del 2010.

En la gráfica se observa que durante el mes de junio y parte de julio no hubo actividad de excavación por banqueo en los túneles de desvió ya que las actividades de excavación se encontraban concentradas en la sección bóveda de los túneles.

- **Túnel de desviación No. 2**

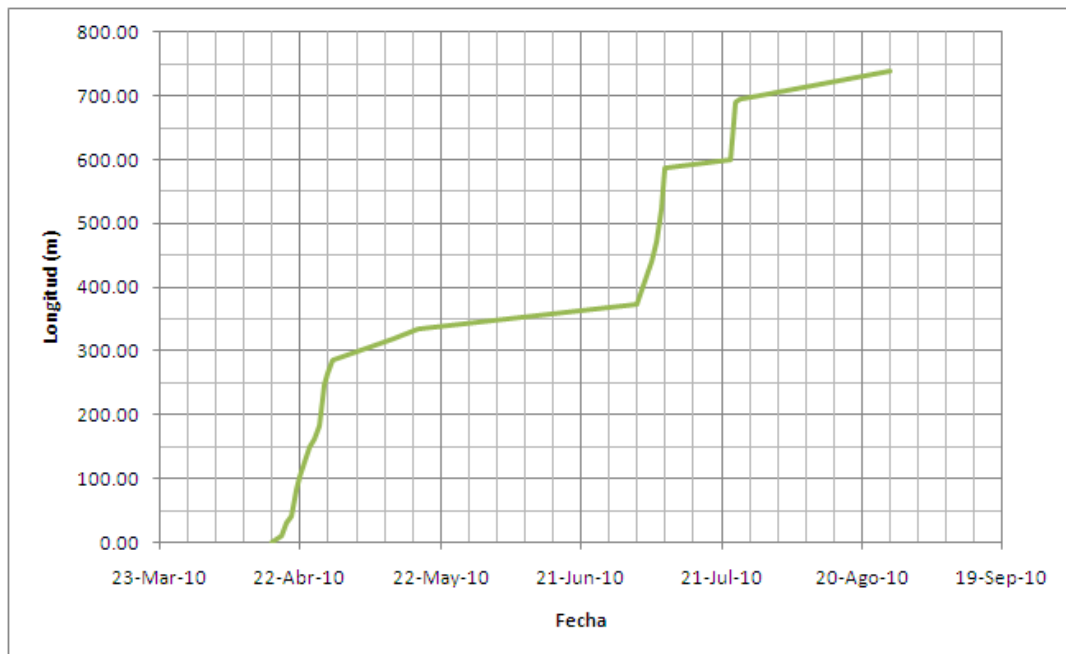
Aproximadamente el banqueo en el túnel de desvió 1 inició el día 30 de abril desde ventana 2 hacia aguas abajo en la Abcisa K0+595 hasta la Abcisa K0+600 con un avance de 5 m.

A continuación se consignan los datos de avance de excavación por banqueo del túnel de desvío 2 y el respectivo comportamiento en la gráfica 15.

Tabla 5. Avance en excavaciones por banqueo, Túnel de desviación 2

Túnel de desviación 1			Túnel de desviación 1		
Fecha	Avance	Acumulado	Fecha	Avance	Acumulado
16-Abr-10	0.00	0.00	29-Abr-10	20.00	285.00
17-Abr-10	5.00	5.00	12-May-10	34.25	319.25
18-Abr-10	5.00	10.00	17-May-10	15.00	334.25
19-Abr-10	20.00	30.00	03-Jul-10	40.00	374.25
20-Abr-10	12.00	42.00	06-Jul-10	67.00	441.25
21-Abr-10	41.00	83.00	07-Jul-10	30.00	471.25
22-Abr-10	20.00	103.00	08-Jul-10	51.00	522.25
23-Abr-10	22.00	125.00	09-Jul-10	65.00	587.25
24-Abr-10	23.00	148.00	23-Jul-10	12.00	599.25
25-Abr-10	15.00	163.00	24-Jul-10	91.00	690.25
26-Abr-10	20.00	183.00	25-Jul-10	5.00	695.25
27-Abr-10	65.00	248.00	27-Jul-10	3.00	698.25
28-Abr-10	17.00	265.00	26-Ago-10	40.00	738.25

Gráfica 15. Análisis de excavación por banqueo, Túnel de desvío 2



5.10 RENDIMIENTOS EN LAS EXCAVACIONES

Con base en la información tomada de los avances diarios de las excavaciones de los túneles de desviación entregada por la Interventoría y luego de realizar el respectivo seguimiento a estos, se identificaron los rendimientos correspondientes a estas excavaciones en función del tiempo.

En este caso el tiempo de ejecución de las excavaciones fue de aproximadamente 6 meses desde el mes de Febrero hasta Julio del año 2010.

La excavación de los túneles de desviación 1 y 2 se inició el 16 de febrero de 2010 y el 04 Febrero de 2010 respectivamente con un rendimiento total de 8,28 m/día, correspondiente a un rendimiento de 4,50 m/día para el túnel 1 y 4,04 m/día para el túnel 2. La actividad concluyó con un banqueo el día 27 de agosto en ambos túneles.

En la siguiente tabla se consignan los datos de rendimiento promedio por túnel y el rendimiento total durante el proceso de excavación de los dos túneles de desviación.

Tabla 6. Rendimiento promedio de los túneles de desvío

Túnel	Longitud	Inicio	Fin	Duración	Rendimiento
1	868,80	16-feb-10	27-ago-10	193,00	4,50
2	829,08	04-feb-10	27-ago-10	205,00	4,04
TOTAL	1697,88	04-feb-10	27-ago-10	205,00	8,28

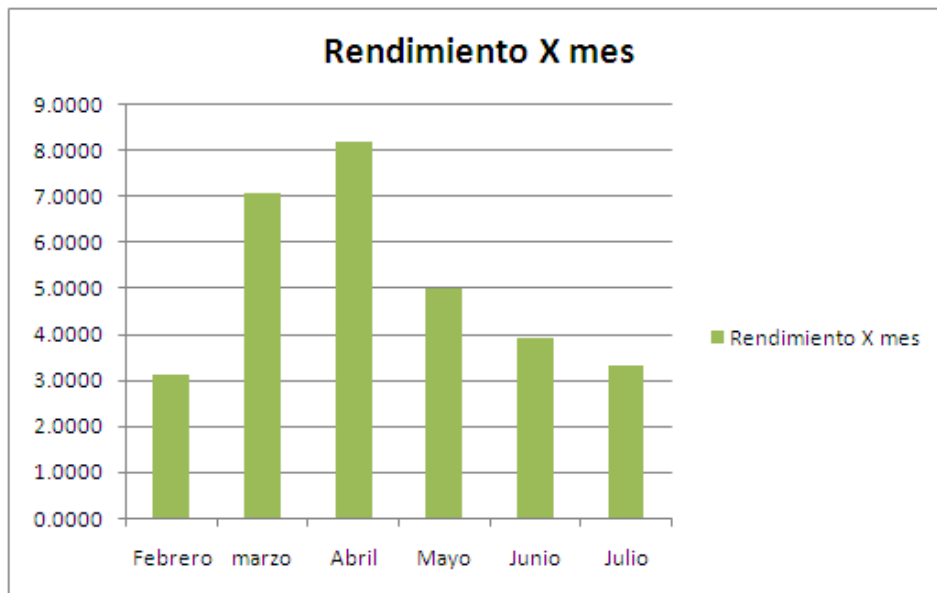
- **Túnel de desviación N°1**

En la siguiente tabla y gráfica se muestran los rendimientos obtenidos en el proceso de excavación del túnel de desviación No. 1:

Tabla 7. Rendimientos, Túnel de desviación 1

Mes	Duración	Cantidad	Rendimiento
Febrero	10	31.28	3.1280
marzo	28	198.14	7.0764
Abril	31	254.43	8.2074
Mayo	30	150.25	5.0083
Junio	31	121.80	3.9290
Julio	30	99.88	3.3293

Gráfica 16. Rendimiento en la excavación del túnel de desviación 1



Se puede observar que en la gráfica de rendimiento Vs tiempo, se identifican rendimientos altos entre los meses de marzo y abril esto se debe principalmente que durante este tiempo en promedio se trabajó en 2 frentes de obra en comparación con los otros meses que solo hubo actividad en un frente de excavación de los túneles.

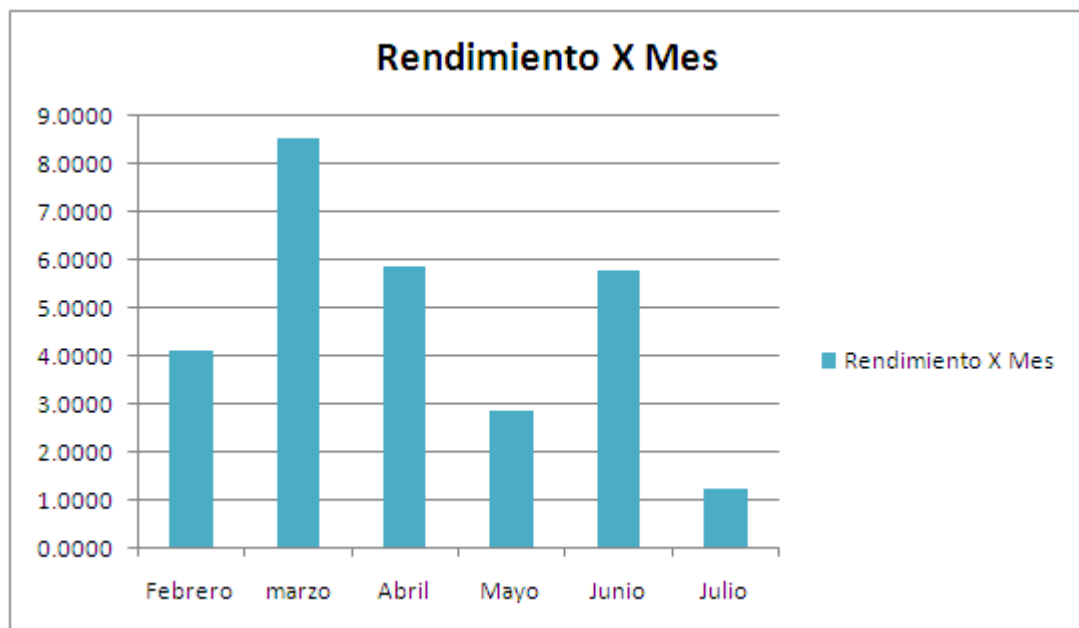
- **Túnel de desviación N° 2**

A continuación se ilustra el comportamiento del rendimiento durante el proceso de excavación del túnel de desviación No. 2:

Tabla 8. Rendimientos, Túnel de desviación 2

Mes	Duración	Cantidad	Rendimiento
Febrero	22	90.34	4.1064
marzo	28	239.28	8.5457
Abril	31	182.18	5.8768
Mayo	30	86.48	2.8827
Junio	31	179.6	5.7935
Julio	30	37.72	1.2573

Gráfica 17. Rendimiento en la excavación del túnel de desviación 2



En la gráfica ilustrada anteriormente se observa cómo el rendimiento del mes de marzo es mayor con respecto a los otros meses; según lo consignado en la tabla 2, esto se debe que durante este mes se registró 2 frentes en actividad, mayor a los otros meses.

También se puede observar que el rendimiento del mes de julio, que fue el mes más bajo, se puede decir, según lo consignado en la tabla 2, que el factor directo de afectación es que durante esta fecha no hubo mucha actividad en los frentes, siendo este número aproximadamente cero (0) y más aún por ser esta la etapa final del proceso, en los cuales los recursos disponibles para estos trabajos son

utilizados en otras actividades relacionadas con la protección y sostenimiento de los túneles y revestimiento de los mismos.

Comparando las dos gráficas de rendimiento de los túneles de desvío, se puede observar claramente que el mes de marzo fue uno de los meses con mayores rendimientos en excavación; y como se dijo anteriormente, de acuerdo a estos resultados obtenidos se puede decir que la ejecución de las excavaciones en dicho mes fueron en promedio de dos frentes en actividad por túnel.

CONCLUSIONES

- ✓ Los estudios geotécnicos, perforaciones exploratorias, geología regional, galerías exploratorias a partir de los cuales se construyen los mapas geológicos y la caracterización geotécnica de la zona, son de vital importancia en el proyecto para la estimación inicial de los tipos de terreno que se espera encontrar. Con dicha información los participantes de la licitación pueden estimar de mejor manera sus costos, lo que redundará en costos de proyecto razonable generando utilidad para el contratista y un valor del proyecto ajustado a la realidad para el propietario de la obra.

Por lo tanto es de vital importancia que en los estudios de factibilidad de cualquier proyecto se incluyan los estudios antes anunciados, desde la concepción inicial del mismo.

- ✓ La modalidad de contratación de obra por precios unitarios ofrece como ventaja el hecho de que muchos de los riesgos de la ejecución del proyecto son de responsabilidad del dueño de la obra y el contratista recibe el pago por la obra realmente ejecutada lo cual se considera justo para las partes.

En el caso del PHS el contratista recibe el pago del soporte realmente instalado en cada tipo de terreno previa definición del tipo de terreno en la cual participa principalmente el diseñador pero concertado con la interventoría y el contratista, de esta manera el contratista optimiza sus recursos en los ciclos de excavación y soporte sin tener que preocuparse por dejar de instalar soporte o avanzar en la excavación en longitudes mayor a la permitida lo cual se podría presentar en un contrato de suma global fija; de acuerdo con esto los rendimientos que se obtienen son superiores y lo más importante se ejecuta la obra de manera segura.

- ✓ Debido a la forma como se acometió el trabajo de excavación del banqueo de los túneles de desviación, en los cuales se perforaban los barrenos para excavar longitudes de túnel de entre 50 y 100 ml, para luego hacer la voladura y rezaga de todo el tramo, los análisis de rendimientos y las curvas S elaboradas presentan formas atípicas, con saltos de avance importantes en cortos períodos de tiempo. Esto también se debe a que, en casos especiales, que por las condiciones geológicas del terreno, se vio en la necesidad de realizar el banqueo en dos etapas. También se observó que no se encontraban registrados algunos bancos en estos reportes por lo que generó una longitud menor a la real.

- ✓ Los informes diarios son por lo general una fuente de información muy importante dentro del desarrollo de un proyecto, ya que en ellos se lleva un reporte de las actividades o eventualidades ocurridas durante el transcurso del día laboral, aún más si se trata de llevar el respectivo control del proyecto en general. En vista de lo anterior, en toda obra sin importar su magnitud, el buen control se deriva en una buena ejecución del proyecto.

- ✓ Dentro de los análisis de rendimientos calculados con base en la información recopilada, se observó que estos rendimientos en promedio fueron de 4,50 y 4,04 m/día para el túnel 1 y 2 respectivamente, durante el mes de febrero (inicio de excavación) hasta el mes de agosto aproximadamente. Estos rendimientos se debieron principalmente al número de frentes en actividad de los túneles de desviación, siendo mayores generalmente en el mes de marzo.

- ✓ De la información recopilada con relación a los tipos de terrenos encontrados en los túneles de desviación, se tuvo una información aproximada de los avances promedios por clase de material excavado, de los cuales se puede decir que de un 50% de la longitud total aproximadamente corresponde a terreno de tipo II, obteniendo un rendimiento promedio del 3,58 m/día.

- ✓ De acuerdo a las gráficas de curva S de los avances en las excavaciones de los túneles de desvío, se observa que desde el inicio de la excavación estos reportaban avance altos, debido a que dentro del contrato, ya se habían iniciado algunas obras del proyecto, por lo que al iniciar estas excavaciones los respectivos frentes contaban en su totalidad con la instalación de los recursos necesarios para las labores de excavación de los túneles de desviación del proyecto.

- ✓ Los análisis derivados de la elaboración de este informe, son insumos para ISAGEN en la elaboración del informe EX-POST del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso, documento que recoge las experiencias, problemas y datos representativos del proyecto.

- ✓ El haber desempeñado las funciones como auxiliar de ingeniería en un proyecto de tan gran alcance como lo es el Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso, me llevó a crecer profesionalmente dentro del campo de la Ingeniería Civil, permitiéndome el desarrollo de las distintas actividades relacionadas en la ejecución del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

ARCOS, Salazar Luis Alberto. Metodología de Interés Intercalarario en Ejecución de Obras. [Citado el 19 de Enero 2012]. Disponible en:

CASTRO, Carlos Mario. Maquinaria y Equipo de Construcción. 2009. [Citado el 10 de Enero 2012]. Disponible en:

GONZALEZ, Julio. Métodos de Excavación de Túneles mediante Perforación y Voladura. [21 de Enero 2012]. Disponible en:

<http://arcossalazar.net/wp-content/uploads/2012/01/14.pdf>

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/dominguez_g_as/capitulo3.pdf

<http://elknol.wordpress.com/article/maquinaria-y-equipo-de-construccion-1i29ptfum49sf-36/>

<http://www.fierasdeingenieria.com/metodos-de-excavacion-de-tuneles-mediante-perforacion-y-voladura/>

INTERVENTORÍA, Consorcio Integral VQ. Información de Reportes Diarios del Proceso de Excavación de los Túneles de Desviación del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.

ISAGEN S.A. E.S.P. Energía productiva. Nuestra empresa, misión y visión. [Citado el 16 de Enero 2012]. Disponible en:

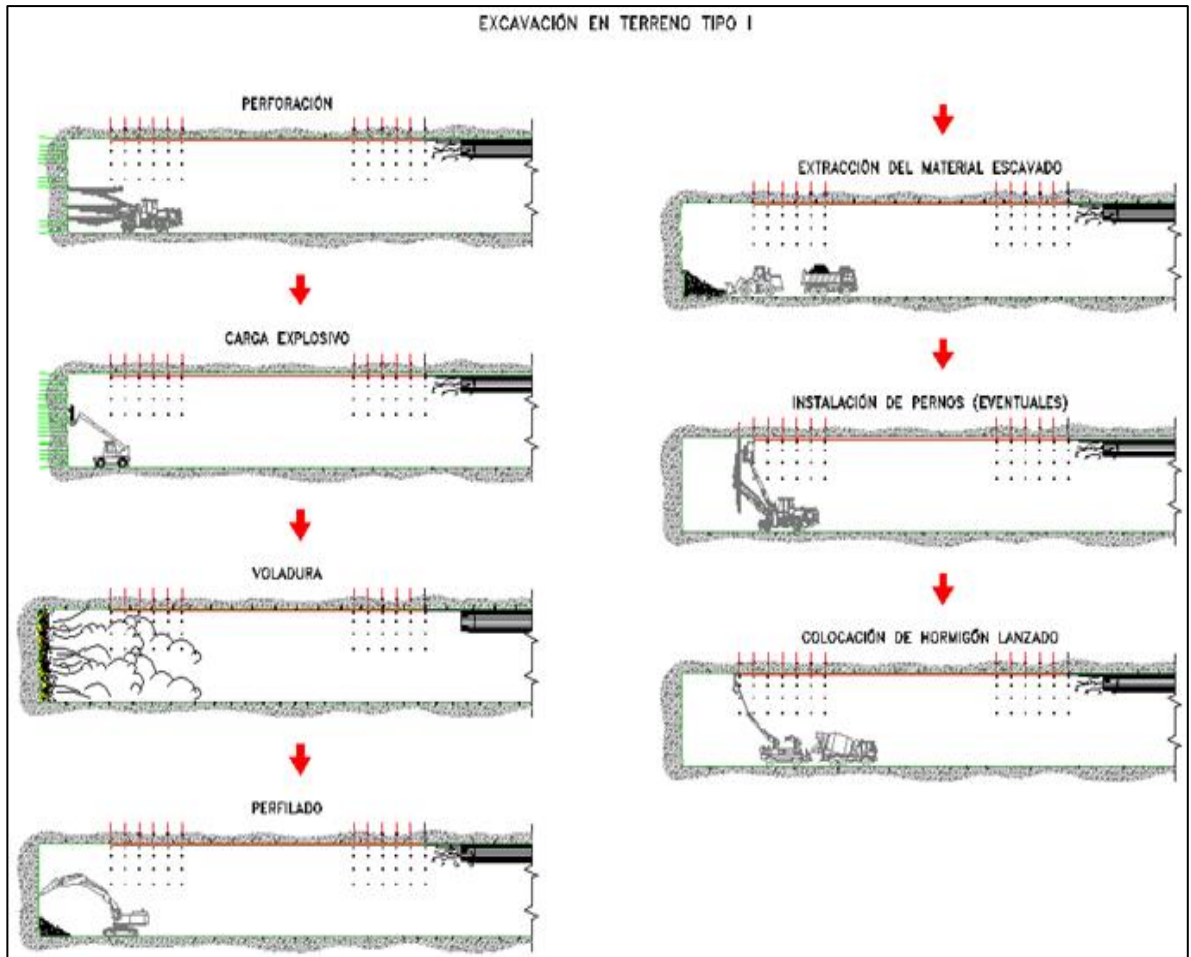
http://www.isagen.com.co/metalnst.jsp?rsc=infoIn_informacionInst&tituloPag=ISAGEN NORMA TECNICA COLOMBIANA, Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación, Sexta actualización. Bogotá: Instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC), 2008.

OBERLENDER, Garold D. Métodos y Técnicas de Planeación y Control de Proyectos. 1993. [Citado el 10 de Enero 2012]. Disponible en:

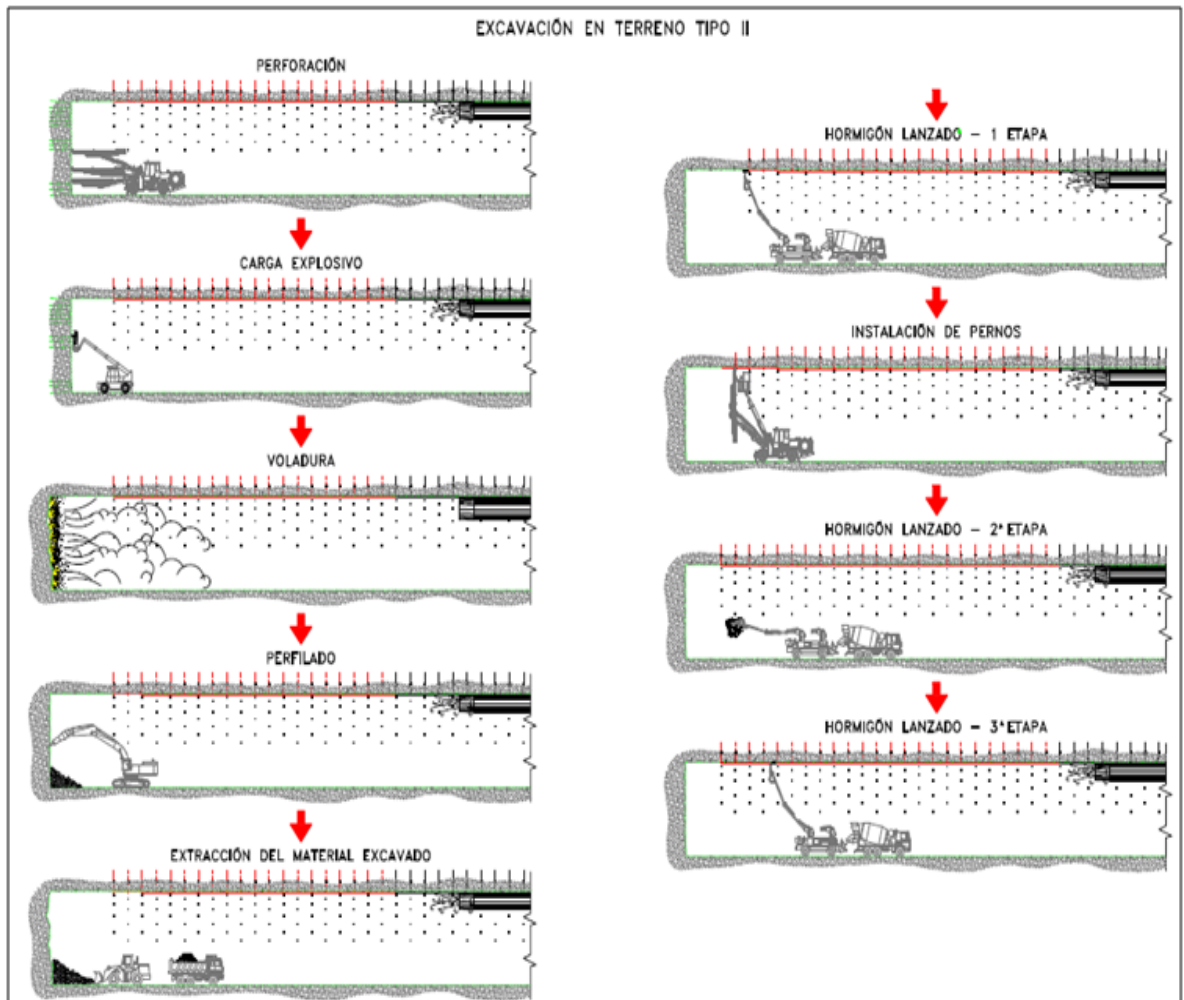
PICÓN DELGADO, Viviana Carolina & VELASCO GÓMEZ, Alba Lorena. (2007), Elaboración de texto guía para la asignatura de construcción I. Capítulos de: planificación, programación y costos de procesos y operaciones en la construcción. Proyecto de grado presentado como requisito para optar por el título de ingeniería civil, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

ANEXOS

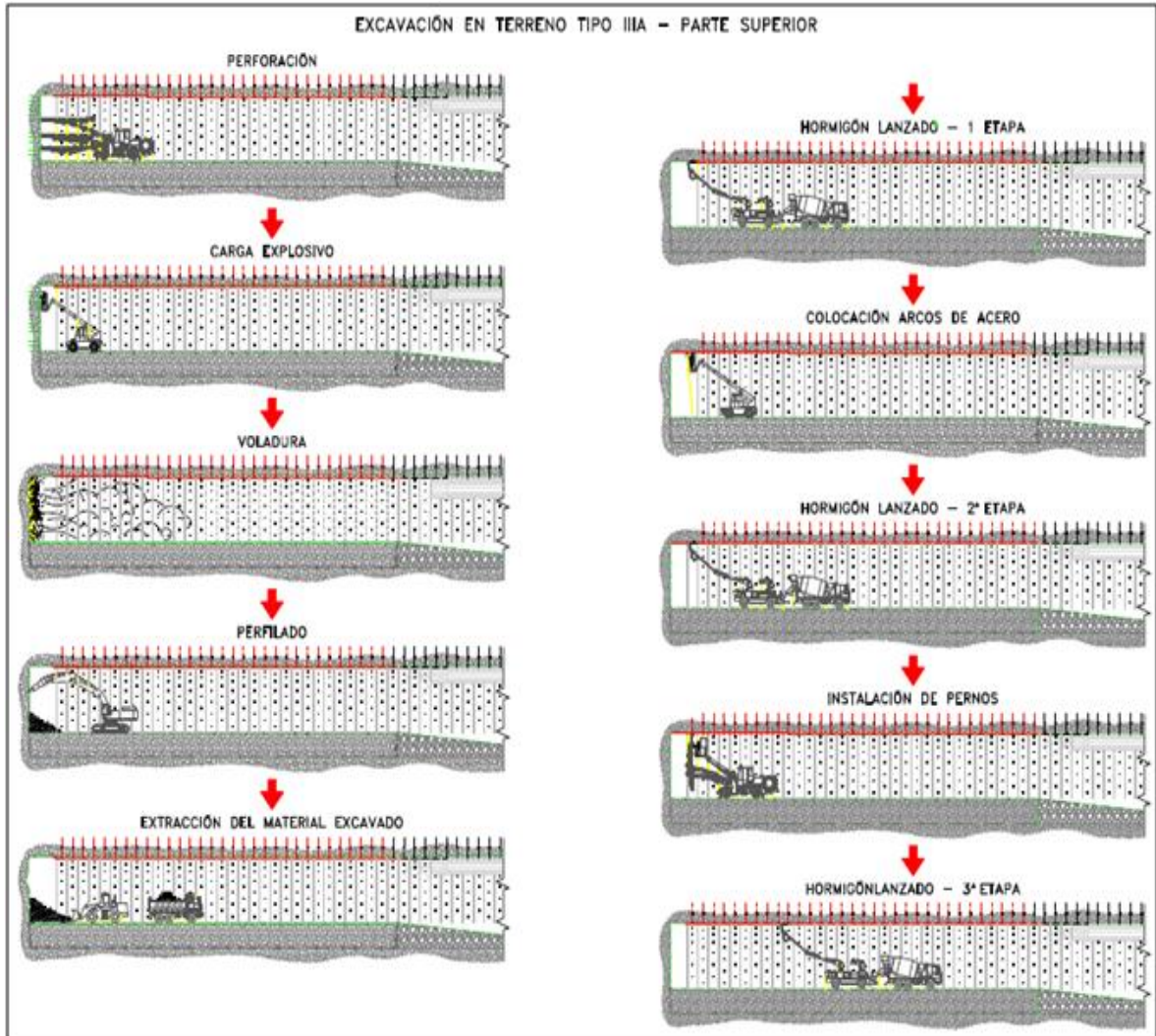
ANEXO N° A: Procedimiento para excavación de túneles en Terreno Tipo I



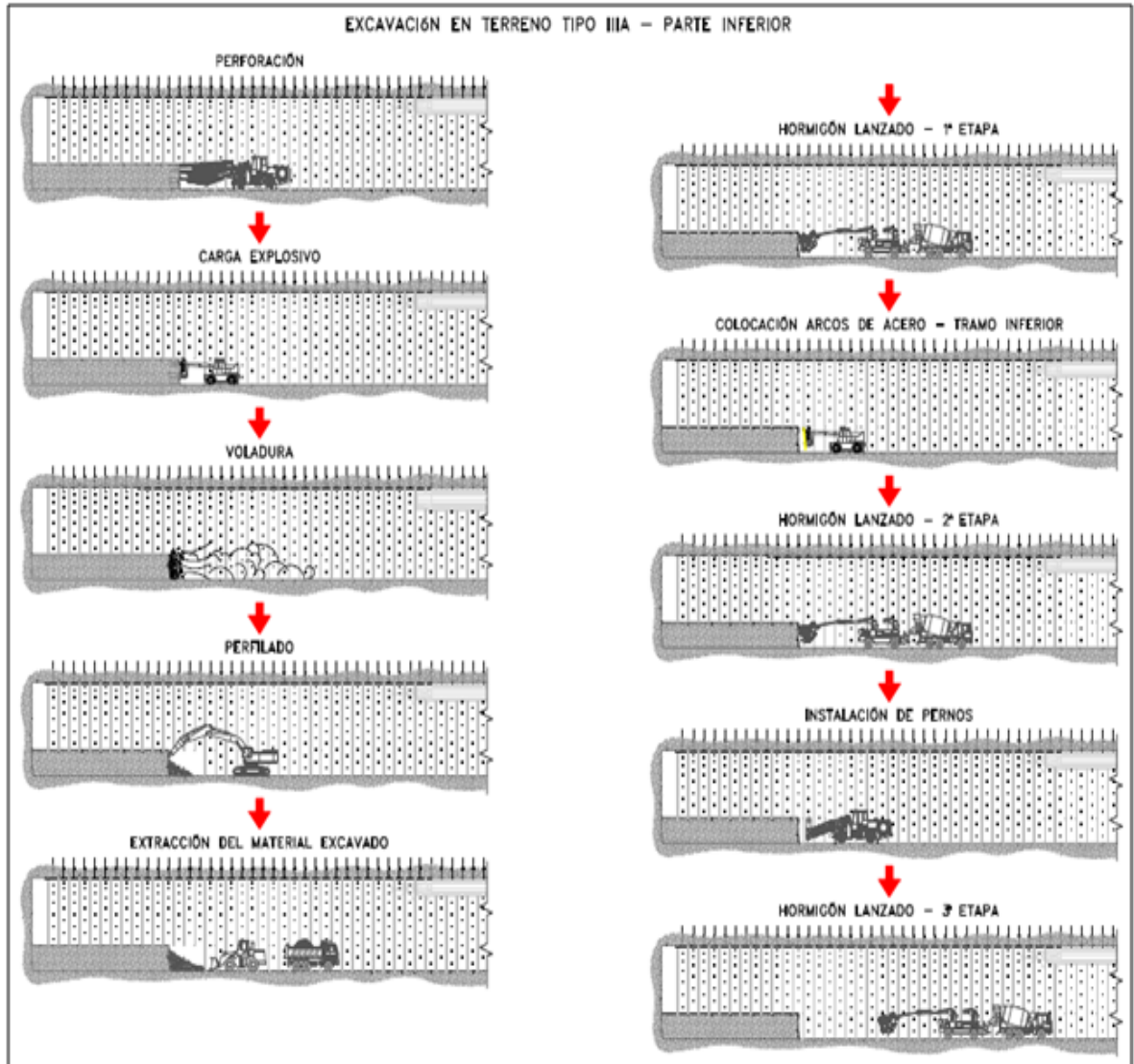
ANEXO N° B: Procedimiento para excavación de túneles en Terreno Tipo II



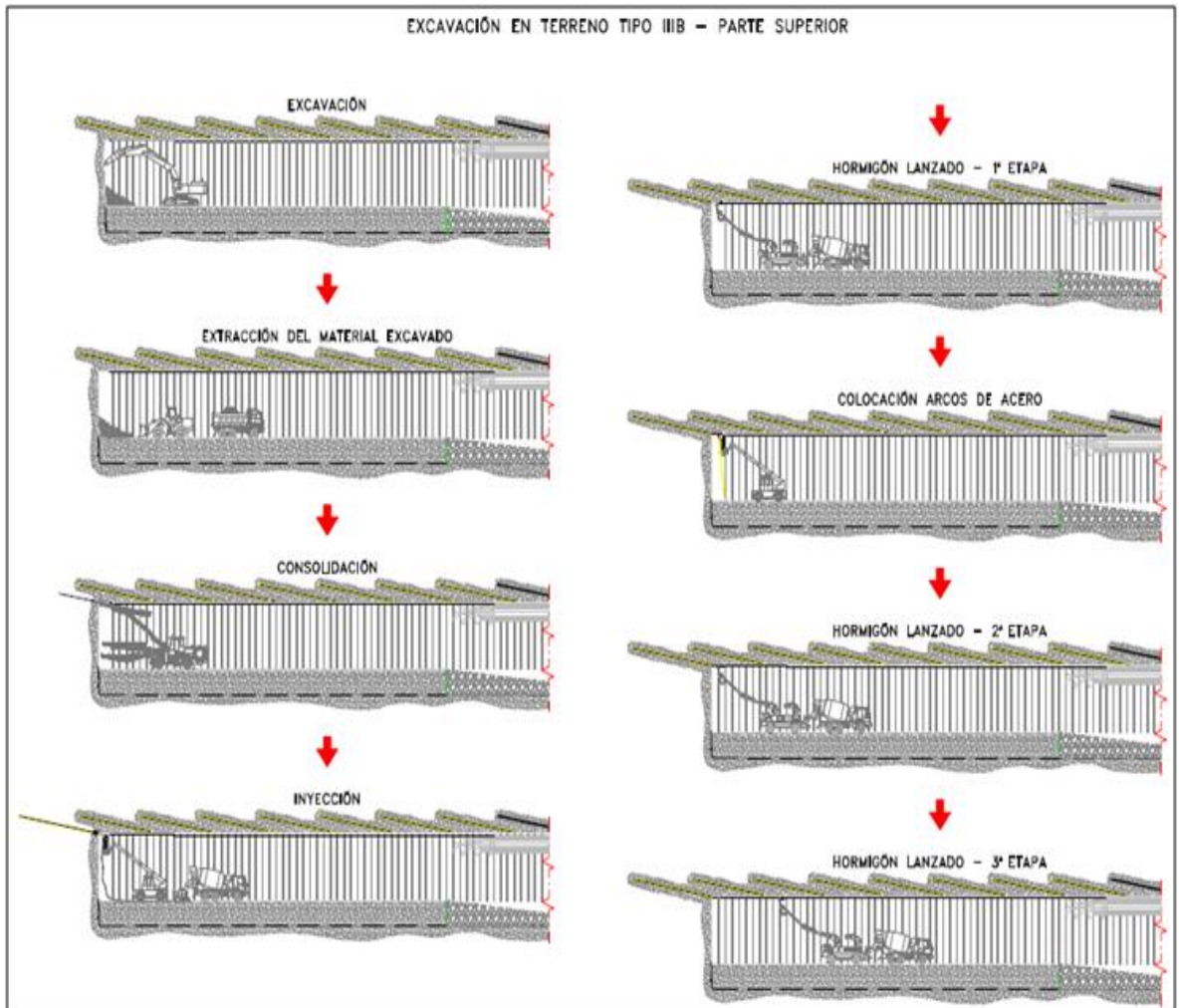
ANEXO N° C: Procedimiento para excavación de túneles en Terreno Tipo III A parte superior



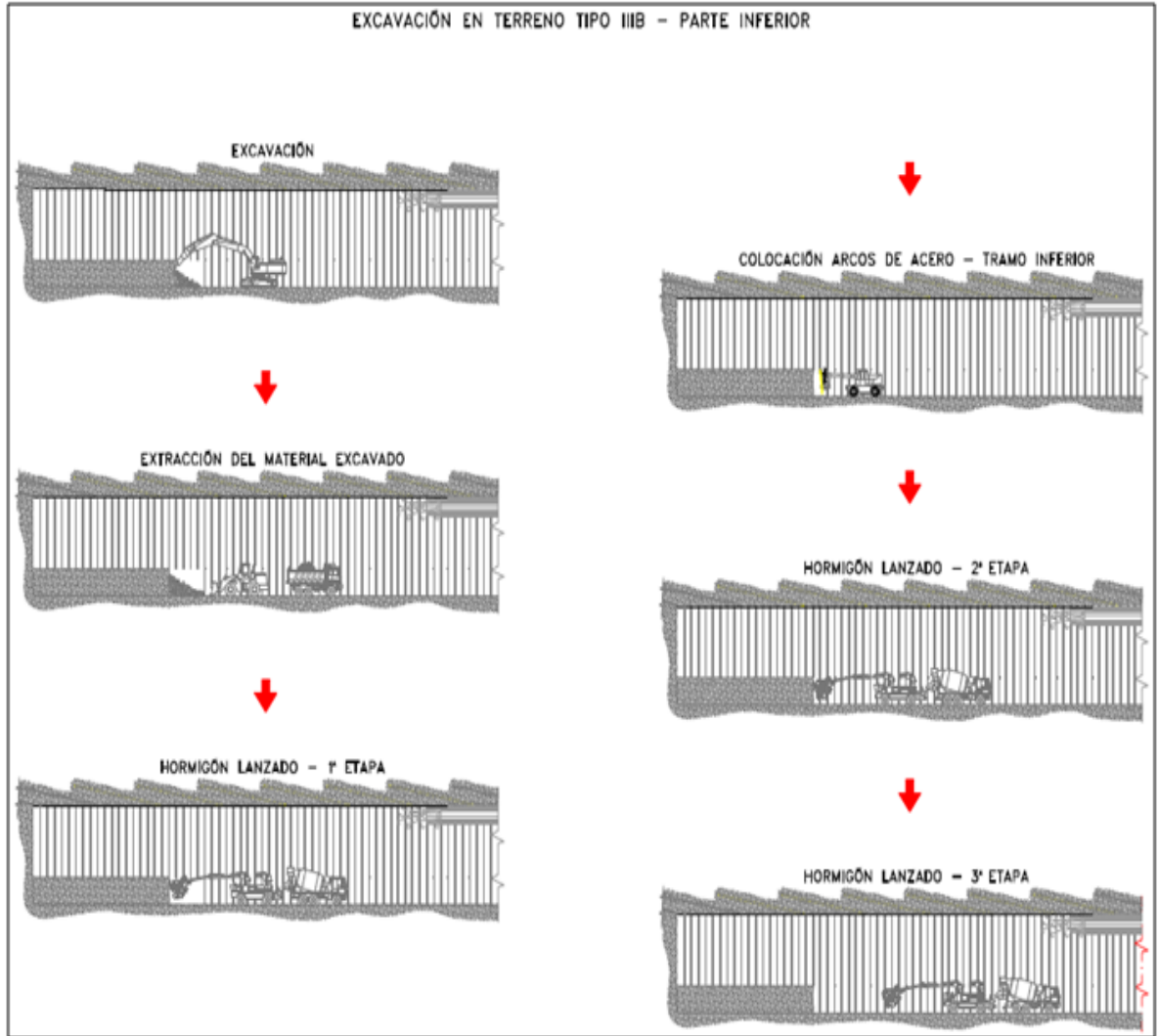
ANEXO N° D: Procedimiento para excavación de túneles en Terreno Tipo III A parte inferior



ANEXO N° E: Procedimiento para excavación de túneles en Terreno Tipo III B parte superior



ANEXO N° F: Procedimiento para excavación de túneles en Terreno Tipo III B parte inferior



ANEXO N° G: Tabla con los datos de avance en excavaciones en bóveda del túnel de desvío 1

Túnel de Desviación N° 1											
Fecha	Suma Día	Acumulado	N° de Frentes	Fecha	Suma Día	Acumulado	N° de Frentes	Fecha	Suma Día	Acumulado	N° de Frentes
16-Feb-10	0.00	0.00	0	15-Mar-10	9.70	154.60	2	11-Abr-10	6.72	328.32	2
17-Feb-10	0.00	0.00	0	16-Mar-10	3.20	157.80	1	12-Abr-10	9.57	337.89	2
18-Feb-10	7.50	7.50	1	17-Mar-10	10.40	168.20	3	13-Abr-10	7.11	345.00	1
19-Feb-10	3.70	11.20	1	18-Mar-10	4.47	172.67	2	14-Abr-10	4.26	349.26	1
20-Feb-10	3.40	14.60	1	19-Mar-10	6.50	179.17	2	15-Abr-10	9.39	358.65	2
21-Feb-10	3.97	18.57	1	20-Mar-10	14.83	194.00	2	16-Abr-10	9.05	367.70	3
22-Feb-10	3.23	21.80	1	21-Mar-10	11.18	205.18	2	17-Abr-10	13.40	381.10	3
23-Feb-10	3.10	24.90	1	22-Mar-10	5.60	210.78	2	18-Abr-10	10.70	391.80	3
24-Feb-10	3.40	28.30	1	23-Mar-10	3.32	214.10	1	19-Abr-10	10.20	402.00	3
25-Feb-10	2.98	31.28	1	24-Mar-10	8.60	222.70	2	20-Abr-10	12.10	414.10	2
26-Feb-10	0.00	31.28	0	25-Mar-10	6.72	229.42	2	21-Abr-10	14.60	428.70	3
27-Feb-10	2.70	33.98	1	26-Mar-10	9.88	239.30	2	22-Abr-10	15.65	444.35	3
28-Feb-10	3.92	37.90	1	27-Mar-10	7.60	246.90	2	23-Abr-10	9.37	453.72	2
01-Mar-10	5.80	43.70	2	28-Mar-10	7.40	254.30	2	24-Abr-10	17.08	470.80	3
02-Mar-10	5.80	49.50	2	29-Mar-10	8.78	263.08	2	25-Abr-10	13.05	483.85	3
03-Mar-10	5.90	55.40	2	30-Mar-10	0.00	263.08	0	26-Abr-10	9.55	493.40	3
04-Mar-10	6.90	62.30	2	31-Mar-10	3.42	266.50	1	27-Abr-10	15.80	509.20	3
05-Mar-10	8.21	70.51	3	01-Abr-10	0.00	266.50	0	28-Abr-10	14.50	523.70	3
06-Mar-10	5.50	76.01	2	02-Abr-10	0.00	266.50	0	29-Abr-10	7.10	530.80	2
07-Mar-10	9.15	85.16	3	03-Abr-10	0.00	266.50	0	30-Abr-10	3.20	534.00	1
08-Mar-10	9.90	95.06	2	04-Abr-10	0.00	266.50	0	01-May-10	1.10	535.10	1
09-Mar-10	9.11	104.17	3	05-Abr-10	11.40	277.90	2	02-May-10	3.10	538.20	1
10-Mar-10	9.46	113.63	3	06-Abr-10	6.80	284.70	2	03-May-10	3.00	541.20	1
11-Mar-10	6.24	119.87	1	07-Abr-10	9.20	293.90	2	04-May-10	3.20	544.40	1
12-Mar-10	3.30	123.17	1	08-Abr-10	6.75	300.65	2	05-May-10	2.20	546.60	1
13-Mar-10	12.13	135.30	2	09-Abr-10	7.53	308.18	2	06-May-10	4.25	550.85	1
14-Mar-10	9.60	144.90	3	10-Abr-10	13.42	321.60	2	07-May-10	3.15	554.00	1

ANEXO N° H: Continuación tabla con los datos de avance excavaciones en bóveda del túnel de desvío 1

Túnel de Desviación N° 1											
Fecha	Suma Día	Acumulado	N° de Frentes	Fecha	Suma Día	Acumulado	N° de Frentes	Fecha	Suma Día	Acumulado	N° de Frentes
08-May-10	4.20	558.20	1	05-Jun-10	7.42	677.20	1	03-Jul-10	5.50	784.10	1
09-May-10	7.00	565.20	1	06-Jun-10	2.40	679.60	1	04-Jul-10	3.90	788.00	1
10-May-10	3.90	569.10	1	07-Jun-10	2.60	682.20	1	05-Jul-10	2.75	790.75	1
11-May-10	4.15	573.25	1	08-Jun-10	3.80	686.00	1	06-Jul-10	4.75	795.50	1
12-May-10	3.05	576.30	1	09-Jun-10	6.20	692.20	1	07-Jul-10	5.70	801.20	1
13-May-10	3.10	579.40	1	10-Jun-10	3.75	695.95	2	08-Jul-10	3.45	804.65	1
14-May-10	7.80	587.20	1	11-Jun-10	3.25	699.20	1	09-Jul-10	4.15	808.80	1
15-May-10	3.00	590.20	1	12-Jun-10	4.30	703.50	2	10-Jul-10	3.50	812.30	1
16-May-10	6.00	596.20	1	13-Jun-10	6.45	709.95	2	11-Jul-10	6.00	818.30	1
17-May-10	3.70	599.90	1	14-Jun-10	7.40	717.35	1	12-Jul-10	3.60	821.90	1
18-May-10	3.50	603.40	1	15-Jun-10	5.65	723.00	1	13-Jul-10	6.40	828.30	1
19-May-10	2.30	605.70	1	16-Jun-10	4.70	727.70	2	14-Jul-10	2.73	831.03	2
20-May-10	6.20	611.90	1	17-Jun-10	1.80	729.50	1	15-Jul-10	0.75	831.78	1
21-May-10	3.40	615.30	1	18-Jun-10	0.00	729.50	0	16-Jul-10	2.30	834.08	1
22-May-10	3.90	619.20	1	19-Jun-10	4.20	733.70	2	17-Jul-10	0.93	835.01	1
23-May-10	3.30	622.50	1	21-Jun-10	2.40	736.10	1	18-Jul-10	4.05	839.06	2
24-May-10	7.20	629.70	1	22-Jun-10	3.70	739.80	2	19-Jul-10	3.37	842.43	2
25-May-10	4.40	634.10	1	23-Jun-10	4.40	744.20	2	20-Jul-10	3.95	846.38	2
26-May-10	7.10	641.20	1	24-Jun-10	6.00	750.20	1	21-Jul-10	2.60	848.98	1
27-May-10	4.50	645.70	1	25-Jun-10	5.70	755.90	2	22-Jul-10	2.40	851.38	1
28-May-10	3.50	649.20	1	26-Jun-10	3.45	759.35	1	23-Jul-10	4.00	855.38	1
29-May-10	3.50	652.70	1	27-Jun-10	3.45	762.80	1	24-Jul-10	0.40	855.78	1
31-May-10	3.40	656.10	1	28-Jun-10	0.80	763.60	1	25-Jul-10	0.00	855.78	0
01-Jun-10	7.30	663.40	1	29-Jun-10	4.10	767.70	1	26-Jul-10	0.00	855.78	0
02-Jun-10	0.00	663.40	0	30-Jun-10	6.35	774.05	1	27-Jul-10	0.00	855.78	0
03-Jun-10	3.40	666.80	1	01-Jul-10	1.45	775.50	1	28-Jul-10	0.00	855.78	0
04-Jun-10	2.98	669.78	1	02-Jul-10	3.10	778.60	1	29-Jul-10	0.00	855.78	0

ANEXO N° I: Tabla con los datos de avance en excavaciones en bóveda del túnel de desvió 2

Túnel de desviación N° 2											
Fecha	Suma Día	Acumulado	N° de Frentes	Fecha	Suma Día	Acumulado	N° de Frentes	Fecha	Suma Día	Acumulado	N° de Frentes
04-Feb-10	3.67	3.67	1	05-Mar-10	10.40	169.52	3	03-Abr-10	0.00	385.32	0
05-Feb-10	0.00	3.67	0	06-Mar-10	11.30	180.82	3	04-Abr-10	0.00	385.32	0
06-Feb-10	2.67	6.34	1	07-Mar-10	10.40	191.22	3	05-Abr-10	8.20	393.52	2
07-Feb-10	0.00	6.34	0	08-Mar-10	16.75	207.97	3	06-Abr-10	7.30	400.82	2
08-Feb-10	3.60	9.94	1	09-Mar-10	6.70	214.67	2	07-Abr-10	9.40	410.22	3
09-Feb-10	3.58	13.52	1	10-Mar-10	6.05	220.72	2	08-Abr-10	13.50	423.72	3
10-Feb-10	3.10	16.62	1	11-Mar-10	5.70	226.42	2	09-Abr-10	10.60	434.32	3
11-Feb-10	3.20	19.82	1	12-Mar-10	7.10	233.52	2	10-Abr-10	16.50	450.82	3
12-Feb-10	0.00	19.82	0	13-Mar-10	9.25	242.77	2	11-Abr-10	10.77	461.59	2
13-Feb-10	7.80	27.62	2	14-Mar-10	7.48	250.25	2	12-Abr-10	14.93	476.52	3
14-Feb-10	0.00	27.62	0	15-Mar-10	6.09	256.34	2	13-Abr-10	6.77	483.29	2
15-Feb-10	3.32	30.94	1	16-Mar-10	7.88	264.22	2	14-Abr-10	9.03	492.32	2
16-Feb-10	2.63	33.57	1	17-Mar-10	6.00	270.22	2	15-Abr-10	3.80	496.12	1
17-Feb-10	3.10	36.67	1	18-Mar-10	9.60	279.82	2	16-Abr-10	3.20	499.32	1
18-Feb-10	3.40	40.07	1	19-Mar-10	3.00	282.82	1	17-Abr-10	2.10	501.42	1
19-Feb-10	5.90	45.97	2	20-Mar-10	10.52	293.34	2	18-Abr-10	3.38	504.80	1
20-Feb-10	3.55	49.52	2	21-Mar-10	6.38	299.72	2	19-Abr-10	0.00	504.80	0
21-Feb-10	10.50	60.02	3	22-Mar-10	6.95	306.67	2	20-Abr-10	0.00	504.80	0
22-Feb-10	9.24	69.26	3	23-Mar-10	9.85	316.52	2	21-Abr-10	1.70	506.50	1
23-Feb-10	6.71	75.97	2	24-Mar-10	6.50	323.02	1	22-Abr-10	3.40	509.90	1
24-Feb-10	8.23	84.20	2	25-Mar-10	6.60	329.62	2	23-Abr-10	0.00	509.90	0
25-Feb-10	6.14	90.34	3	26-Mar-10	7.75	337.37	2	24-Abr-10	1.90	511.80	1
26-Feb-10	10.85	101.19	2	27-Mar-10	8.05	345.42	2	25-Abr-10	0.00	511.80	0
27-Feb-10	5.48	106.67	2	28-Mar-10	16.41	361.83	2	26-Abr-10	1.80	513.60	1
28-Feb-10	10.45	117.12	4	29-Mar-10	7.09	368.92	2	27-Abr-10	0.00	513.60	0
01-Mar-10	12.00	129.12	3	30-Mar-10	9.90	378.82	2	28-Abr-10	0.90	514.50	1
02-Mar-10	7.99	137.11	2	31-Mar-10	6.50	385.32	2	29-Abr-10	0.90	515.40	1
03-Mar-10	16.01	153.12	4	01-Abr-10	0.00	385.32	0	30-Abr-10	2.00	517.40	1
04-Mar-10	6.00	159.12	2	02-Abr-10	0.00	385.32	0	01-May-10	1.60	519.00	1

ANEXO N° J: Continuación tabla con los datos de avance en excavaciones en bóveda del túnel de desvío 2

Túnel de desviación N° 2											
Fecha	Suma Día	Acumulado	N° de Frentes	Fecha	Suma Día	Acumulado	N° de Frentes	Fecha	Suma Día	Acumulado	N° de Frentes
02-May-10	1.00	520.00	1	01-Jun-10	5.80	620.68	1	01-Jul-10	0.00	800.48	0
03-May-10	1.40	521.40	1	02-Jun-10	6.51	627.19	2	02-Jul-10	0.00	800.48	0
04-May-10	0.00	521.40	0	03-Jun-10	9.20	636.39	2	03-Jul-10	0.00	800.48	0
05-May-10	0.00	521.40	0	04-Jun-10	4.19	640.58	2	04-Jul-10	0.00	800.48	0
06-May-10	1.30	522.70	1	05-Jun-10	4.70	645.28	1	05-Jul-10	0.00	800.48	0
07-May-10	3.40	526.10	1	06-Jun-10	8.50	653.78	2	06-Jul-10	0.00	800.48	0
08-May-10	2.40	528.50	1	07-Jun-10	3.70	657.48	1	07-Jul-10	0.00	800.48	0
09-May-10	0.00	528.50	0	08-Jun-10	4.70	662.18	2	08-Jul-10	0.00	800.48	0
10-May-10	2.10	530.60	1	09-Jun-10	5.70	667.88	1	09-Jul-10	0.00	800.48	0
11-May-10	2.30	532.90	1	10-Jun-10	4.90	672.78	2	10-Jul-10	0.00	800.48	0
12-May-10	6.90	539.80	1	11-Jun-10	6.80	679.58	2	11-Jul-10	2.77	803.25	1
13-May-10	1.60	541.40	1	12-Jun-10	6.80	686.38	2	12-Jul-10	0.00	803.25	0
14-May-10	7.60	549.00	1	13-Jun-10	5.40	691.78	2	13-Jul-10	1.65	804.90	1
15-May-10	3.40	552.40	1	14-Jun-10	5.05	696.83	2	14-Jul-10	0.00	804.90	0
16-May-10	3.10	555.50	1	15-Jun-10	9.45	706.28	2	15-Jul-10	2.00	806.90	1
17-May-10	4.00	559.50	1	16-Jun-10	8.50	714.78	2	16-Jul-10	1.20	808.10	1
18-May-10	4.20	563.70	1	17-Jun-10	9.45	724.23	2	17-Jul-10	0.00	808.10	0
19-May-10	3.10	566.80	1	18-Jun-10	6.30	730.53	2	18-Jul-10	1.90	810.00	1
20-May-10	7.60	574.40	1	19-Jun-10	8.82	739.35	2	19-Jul-10	2.60	812.60	1
21-May-10	3.50	577.90	1	21-Jun-10	6.73	746.08	2	20-Jul-10	0.00	812.60	0
22-May-10	5.08	582.98	2	22-Jun-10	6.00	752.08	2	21-Jul-10	3.00	815.60	1
23-May-10	7.40	590.38	1	23-Jun-10	13.30	765.38	2	22-Jul-10	0.00	815.60	0
24-May-10	4.00	594.38	1	24-Jun-10	7.00	772.38	2	23-Jul-10	0.00	815.60	0
25-May-10	3.90	598.28	1	25-Jun-10	5.50	777.88	2	24-Jul-10	0.00	815.60	0
26-May-10	5.30	603.58	2	26-Jun-10	8.40	786.28	2	25-Jul-10	0.00	815.60	0
27-May-10	2.60	606.18	1	27-Jun-10	4.00	790.28	1	26-Jul-10	0.00	815.60	0
28-May-10	3.30	609.48	1	28-Jun-10	6.40	796.68	2	27-Jul-10	0.00	815.60	0
29-May-10	0.00	609.48	0	29-Jun-10	3.80	800.48	1	28-Jul-10	0.00	815.60	0
31-May-10	5.40	614.88	2	30-Jun-10	0.00	800.48	0	29-Jul-10	0.00	815.60	0

**ANEXO N° K: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvió 1
por Ventana 1 aguas abajo**

Excav. Desde V1 Vs Aguas Abajo							
Fecha	Abscisa	Real	Acumulado	Fecha	Abscisa	Real	Acumulado
08-Mar-10	644.90	6.80	6.80	03-Abr-10	659.00	0.00	14.10
09-Mar-10	651.70	0.00	6.80	04-Abr-10	659.00	0.00	14.10
10-Mar-10	654.70	3.00	9.80	05-Abr-10	659.00	0.00	14.10
11-Mar-10	654.70	0.00	9.80	06-Abr-10	659.00	0.00	14.10
12-Mar-10	654.70	0.00	9.80	07-Abr-10	659.00	0.00	14.10
13-Mar-10	654.70	0.00	9.80	08-Abr-10	659.00	0.00	14.10
14-Mar-10	659.00	4.30	14.10	09-Abr-10	659.00	0.00	14.10
15-Mar-10	659.00	0.00	14.10	10-Abr-10	659.00	0.00	14.10
16-Mar-10	659.00	0.00	14.10	11-Abr-10	659.00	0.00	14.10
17-Mar-10	659.00	0.00	14.10	12-Abr-10	659.00	0.00	14.10
18-Mar-10	659.00	0.00	14.10	13-Abr-10	659.00	0.00	14.10
19-Mar-10	659.00	0.00	14.10	14-Abr-10	659.00	0.00	14.10
20-Mar-10	659.00	0.00	14.10	15-Abr-10	661.90	2.90	17.00
21-Mar-10	659.00	0.00	14.10	16-Abr-10	664.30	2.40	19.40
22-Mar-10	659.00	0.00	14.10	17-Abr-10	668.20	3.90	23.30
23-Mar-10	659.00	0.00	14.10	18-Abr-10	671.60	3.40	26.70
24-Mar-10	659.00	0.00	14.10	19-Abr-10	675.10	3.50	30.20
25-Mar-10	659.00	0.00	14.10	20-Abr-10	682.60	7.50	37.70
26-Mar-10	659.00	0.00	14.10	21-Abr-10	685.00	2.40	40.10
27-Mar-10	659.00	0.00	14.10	22-Abr-10	689.10	4.10	44.20
28-Mar-10	659.00	0.00	14.10	23-Abr-10	695.00	5.90	50.10
29-Mar-10	659.00	0.00	14.10	24-Abr-10	698.10	3.10	53.20
30-Mar-10	659.00	0.00	14.10	25-Abr-10	704.90	6.80	60.00
31-Mar-10	659.00	0.00	14.10	26-Abr-10	707.80	2.90	62.90
01-Abr-10	659.00	0.00	14.10	27-Abr-10	711.60	3.80	66.70
02-Abr-10	659.00	0.00	14.10	28-Abr-10	718.00	6.40	73.10

ANEXO N° L: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvió 1 por Ventana 1 aguas arriba

Excav. Desde V1 Vs Aguas Arriba															
Fecha	Abscisa	Real	Acumulado	Fecha	Abscisa	Real	Acumulado	Fecha	Abscisa	Real	Acumulado	Fecha	Abscisa	Real	Acumulado
01-Mar-10	640.70	3.00	3.00	05-Abr-10	544.30	6.20	96.40	10-May-10	442.10	3.90	198.60	15-Jun-10	293.75	5.65	346.95
02-Mar-10	637.70	0.00	3.00	06-Abr-10	541.10	3.20	99.60	11-May-10	437.95	4.15	202.75	16-Jun-10	292.30	1.45	348.40
03-Mar-10	634.80	2.90	5.90	07-Abr-10	538.10	3.00	102.60	12-May-10	434.90	3.05	205.80	17-Jun-10	292.30	0.00	348.40
04-Mar-10	631.50	3.30	9.20	08-Abr-10	534.35	3.75	106.35	13-May-10	431.80	3.10	208.90	18-Jun-10	292.30	0.00	348.40
05-Mar-10	628.00	3.50	12.70	09-Abr-10	531.40	2.95	109.30	14-May-10	424.00	7.80	216.70	19-Jun-10	289.30	3.00	351.40
06-Mar-10	625.50	2.50	15.20	10-Abr-10	523.70	7.70	117.00	15-May-10	421.00	3.00	219.70	21-Jun-10	286.90	2.40	353.80
07-Mar-10	622.50	3.00	18.20	11-Abr-10	520.10	3.60	120.60	16-May-10	415.00	6.00	225.70	22-Jun-10	284.90	2.00	355.80
08-Mar-10	622.50	0.00	18.20	12-Abr-10	517.00	3.10	123.70	17-May-10	411.30	3.70	229.40	23-Jun-10	282.00	2.90	358.70
09-Mar-10	619.00	3.50	21.70	13-Abr-10	517.00	0.00	123.70	18-May-10	407.80	3.50	232.90	24-Jun-10	276.00	6.00	364.70
10-Mar-10	619.00	0.00	21.70	14-Abr-10	517.00	0.00	123.70	19-May-10	405.50	2.30	235.20	25-Jun-10	272.10	3.90	368.60
11-Mar-10	619.00	0.00	21.70	15-Abr-10	517.00	0.00	123.70	20-May-10	399.30	6.20	241.40	26-Jun-10	268.65	3.45	372.05
12-Mar-10	615.70	3.30	25.00	16-Abr-10	517.00	0.00	123.70	21-May-10	395.90	3.40	244.80	27-Jun-10	265.20	3.45	375.50
13-Mar-10	609.40	6.30	31.30	17-Abr-10	517.00	0.00	123.70	22-May-10	392.00	3.90	248.70	28-Jun-10	264.40	0.80	376.30
14-Mar-10	606.60	2.80	34.10	18-Abr-10	517.00	0.00	123.70	23-May-10	388.70	3.30	252.00	29-Jun-10	260.30	4.10	380.40
15-Mar-10	602.90	3.70	37.80	19-Abr-10	517.00	0.00	123.70	24-May-10	381.50	7.20	259.20	30-Jun-10	253.95	6.35	386.75
16-Mar-10	599.70	3.20	41.00	20-Abr-10	517.00	0.00	123.70	25-May-10	377.10	4.40	263.60	01-Jul-10	252.50	1.45	388.20
17-Mar-10	595.60	4.10	45.10	21-Abr-10	513.00	4.00	127.70	26-May-10	370.00	7.10	270.70	02-Jul-10	249.40	3.10	391.30
18-Mar-10	592.83	2.77	47.87	22-Abr-10	504.75	8.25	135.95	27-May-10	365.50	4.50	275.20	03-Jul-10	243.90	5.50	396.80
19-Mar-10	589.83	3.00	50.87	23-Abr-10	504.75	0.00	135.95	28-May-10	362.00	3.50	278.70	04-Jul-10	240.00	3.90	400.70
20-Mar-10	582.00	7.83	58.70	24-Abr-10	498.20	6.55	142.50	29-May-10	358.50	3.50	282.20	05-Jul-10	237.25	2.75	403.45
21-Mar-10	578.10	3.90	62.60	25-Abr-10	495.25	2.95	145.45	31-May-10	355.10	3.40	285.60	06-Jul-10	232.50	4.75	408.20
22-Mar-10	575.80	2.30	64.90	26-Abr-10	492.40	2.85	148.30	01-Jun-10	347.80	7.30	292.90	07-Jul-10	226.80	5.70	413.90
23-Mar-10	575.80	0.00	64.90	27-Abr-10	488.80	3.60	151.90	02-Jun-10	347.80	0.00	292.90	08-Jul-10	223.35	3.45	417.35
24-Mar-10	571.60	4.20	69.10	28-Abr-10	484.00	4.80	156.70	03-Jun-10	344.40	3.40	296.30	09-Jul-10	219.20	4.15	421.50
25-Mar-10	568.00	3.60	72.70	29-Abr-10	480.40	3.60	160.30	04-Jun-10	341.42	2.98	299.28	10-Jul-10	215.70	3.50	425.00
26-Mar-10	561.10	6.90	79.60	30-Abr-10	477.20	3.20	163.50	05-Jun-10	334.00	7.42	306.70	11-Jul-10	209.70	6.00	431.00
27-Mar-10	556.90	4.20	83.80	01-May-10	476.10	1.10	164.60	06-Jun-10	331.60	2.40	309.10	12-Jul-10	206.10	3.60	434.60
28-Mar-10	553.50	3.40	87.20	02-May-10	473.00	3.10	167.70	07-Jun-10	329.00	2.60	311.70	13-Jul-10	199.70	6.40	441.00
29-Mar-10	550.50	3.00	90.20	03-May-10	470.00	3.00	170.70	08-Jun-10	325.20	3.80	315.50	14-Jul-10	197.20	2.50	443.50
30-Mar-10	550.50	0.00	90.20	04-May-10	466.80	3.20	173.90	09-Jun-10	319.00	6.20	321.70	15-Jul-10	197.20	0.00	443.50
31-Mar-10	550.50	0.00	90.20	05-May-10	464.60	2.20	176.10	10-Jun-10	315.25	3.75	325.45	16-Jul-10	194.90	2.30	445.80
01-Abr-10	550.50	0.00	90.20	06-May-10	460.35	4.25	180.35	11-Jun-10	312.00	3.25	328.70	17-Jul-10	194.90	0.00	445.80
02-Abr-10	550.50	0.00	90.20	07-May-10	457.20	3.15	183.50	12-Jun-10	310.00	2.00	330.70	18-Jul-10	191.80	3.10	448.90
03-Abr-10	550.50	0.00	90.20	08-May-10	453.00	4.20	187.70	13-Jun-10	306.80	3.20	333.90	19-Jul-10	189.35	2.45	451.35
04-Abr-10	550.50	0.00	90.20	09-May-10	446.00	7.00	194.70	14-Jun-10	299.40	7.40	341.30	20-Jul-10	187.30	2.05	453.40

**ANEXO N° M: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvió 1
por Ventana 2 aguas abajo**

Excav. Desde V2 Vs Aguas Abajo							
Fecha	Abscisa	Real	Acumulado	Fecha	Abscisa	Real	Acumulado
16-Feb-10	967.40	0.00	0.00	09-Mar-10	1000.10	2.84	32.70
17-Feb-10	967.40	0.00	0.00	10-Mar-10	1003.00	2.90	2.90
18-Feb-10	974.90	7.50	7.50	17-Mar-10	1006.50	3.50	3.50
19-Feb-10	978.60	3.70	11.20	16-Abr-10	1009.10	2.60	2.60
20-Feb-10	978.60	0.00	11.20	17-Abr-10	1012.00	2.90	2.90
21-Feb-10	978.60	0.00	11.20	18-Abr-10	1015.70	3.70	3.70
22-Feb-10	978.60	0.00	11.20	19-Abr-10	1019.10	3.40	3.40
23-Feb-10	978.60	0.00	11.20	20-Abr-10	1023.70	4.60	4.60
24-Feb-10	978.60	0.00	11.20	12-Jun-10	1026.00	2.30	2.30
25-Feb-10	981.58	2.98	14.18	13-Jun-10	1029.25	3.25	3.25
26-Feb-10	981.58	0.00	14.18	14-Jun-10	1029.25	0.00	0.00
27-Feb-10	981.58	0.00	14.18	15-Jun-10	1029.25	0.00	0.00
28-Feb-10	985.50	3.92	18.10	16-Jun-10	1032.50	3.25	3.25
01-Mar-10	985.50	0.00	18.10	17-Jun-10	1034.30	1.80	1.80
02-Mar-10	988.40	2.90	21.00	18-Jun-10	1034.30	0.00	0.00
03-Mar-10	991.40	3.00	24.00	19-Jun-10	1035.50	1.20	1.20
04-Mar-10	991.40	0.00	24.00	21-Jun-10	1035.50	0.00	0.00
05-Mar-10	994.11	2.71	26.71	22-Jun-10	1037.20	1.70	1.70
06-Mar-10	994.11	0.00	26.71	23-Jun-10	1038.70	1.50	1.50
07-Mar-10	997.26	3.15	29.86	24-Jun-10	1038.70	0.00	0.00
08-Mar-10	997.26	0.00	29.86	25-Jun-10	1040.50	1.80	1.80

**Anexo N° N: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvió 1
por Ventana 2 aguas arriba**

Excav. Desde V2 Vs Aguas Arriba							
Fecha	Abscisa	Real	Acumulado	Fecha	Abscisa	Real	Acumulado
20-Feb-10	959.10	3.40	3.40	25-Mar-10	855.58	3.12	103.52
21-Feb-10	951.73	3.97	7.37	26-Mar-10	852.60	2.98	106.50
22-Feb-10	948.50	3.23	10.60	27-Mar-10	849.20	3.40	109.90
23-Feb-10	945.40	3.10	13.70	28-Mar-10	845.20	4.00	113.90
24-Feb-10	942.00	3.40	17.10	29-Mar-10	839.42	5.78	119.68
27-Feb-10	939.30	2.70	19.80	31-Mar-10	836.00	3.42	123.10
28-Feb-10	939.30	0.00	19.80	05-Abr-10	830.80	5.20	128.30
01-Mar-10	936.50	2.80	22.60	06-Abr-10	827.20	3.60	131.90
02-Mar-10	933.60	2.90	25.50	07-Abr-10	821.00	6.20	138.10
03-Mar-10	933.60	0.00	25.50	08-Abr-10	818.00	3.00	141.10
04-Mar-10	930.00	3.60	29.10	09-Abr-10	813.42	4.58	145.68
05-Mar-10	928.00	2.00	31.10	10-Abr-10	807.70	5.72	151.40
06-Mar-10	925.00	3.00	34.10	11-Abr-10	804.58	3.12	154.52
07-Mar-10	922.00	3.00	37.10	12-Abr-10	798.11	6.47	160.99
08-Mar-10	918.90	3.10	40.20	13-Abr-10	791.00	7.11	168.10
09-Mar-10	916.13	2.77	42.97	14-Abr-10	786.74	4.26	172.36
10-Mar-10	912.57	3.56	46.53	15-Abr-10	780.25	6.49	178.85
11-Mar-10	906.33	6.24	52.77	16-Abr-10	776.20	4.05	182.90
12-Mar-10	906.33	0.00	52.77	17-Abr-10	769.60	6.60	189.50
13-Mar-10	900.50	5.83	58.60	18-Abr-10	766.00	3.60	193.10
14-Mar-10	898.00	2.50	61.10	19-Abr-10	762.70	3.30	196.40
15-Mar-10	892.00	6.00	67.10	20-Abr-10	762.70	0.00	196.40
16-Mar-10	892.00	0.00	67.10	21-Abr-10	754.50	8.20	204.60
17-Mar-10	889.20	2.80	69.90	22-Abr-10	751.20	3.30	207.90
18-Mar-10	887.50	1.70	71.60	23-Abr-10	747.73	3.47	211.37
19-Mar-10	884.00	3.50	75.10	24-Abr-10	740.30	7.43	218.80
20-Mar-10	877.00	7.00	82.10	25-Abr-10	737.00	3.30	222.10
21-Mar-10	869.72	7.28	89.38	26-Abr-10	733.20	3.80	225.90
22-Mar-10	866.42	3.30	92.68	27-Abr-10	724.80	8.40	234.30
23-Mar-10	863.10	3.32	96.00	28-Abr-10	721.50	3.30	237.60
24-Mar-10	858.70	4.40	100.40	29-Abr-10	718.00	3.50	241.10

**ANEXO N° Ñ: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvío 1
por portal entrada aguas abajo**

Excav. Desde Portal entrada Vs Aguas Abajo			
Fecha	Abscisa	Real	Acumulado
14-Jul-10	172.22	0.23	0.23
15-Jul-10	173.20	0.75	0.98
16-Jul-10	173.20	0.00	0.98
17-Jul-10	174.13	0.93	1.91
18-Jul-10	175.08	0.95	2.86
19-Jul-10	176.00	0.92	3.78
20-Jul-10	177.90	1.90	5.68
21-Jul-10	180.50	2.60	8.28
22-Jul-10	182.90	2.40	10.68
23-Jul-10	186.90	4.00	14.68
24-Jul-10	187.30	0.40	15.08
25-Jul-10	187.30	0.00	15.08

**ANEXO N° O: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvió 2
por ventana 1 aguas abajo**

Excav. Desde V1 Vs Aguas Abajo							
Fecha	Abscisa	Real	Acumulado	Fecha	Abscisa	Real	Acumulado
21-Feb-10	539.70	3.10	3.10	20-Mar-10	578.50	0.00	38.80
22-Feb-10	546.10	3.30	6.40	21-Mar-10	578.50	0.00	38.80
23-Feb-10	546.10	0.00	6.40	22-Mar-10	578.50	0.00	38.80
24-Feb-10	546.10	0.00	6.40	23-Mar-10	578.50	0.00	38.80
25-Feb-10	546.10	0.00	6.40	24-Mar-10	578.50	0.00	38.80
27-Feb-10	546.10	0.00	6.40	25-Mar-10	578.50	0.00	38.80
28-Feb-10	549.70	3.60	10.00	26-Mar-10	578.50	0.00	38.80
01-Mar-10	552.70	3.00	13.00	27-Mar-10	578.50	0.00	38.80
02-Mar-10	552.70	0.00	13.00	28-Mar-10	578.50	0.00	38.80
03-Mar-10	558.00	5.30	18.30	29-Mar-10	578.50	0.00	38.80
04-Mar-10	558.00	0.00	18.30	30-Mar-10	578.50	0.00	38.80
05-Mar-10	562.30	4.30	22.60	31-Mar-10	578.50	0.00	38.80
06-Mar-10	565.40	3.10	25.70	01-Abr-10	578.50	0.00	38.80
07-Mar-10	568.80	3.40	29.10	02-Abr-10	578.50	0.00	38.80
08-Mar-10	572.00	3.20	32.30	03-Abr-10	578.50	0.00	38.80
09-Mar-10	575.40	3.40	35.70	04-Abr-10	578.50	0.00	38.80
10-Mar-10	578.50	3.10	38.80	05-Abr-10	580.90	2.40	41.20
11-Mar-10	578.50	0.00	38.80	06-Abr-10	584.50	3.60	44.80
12-Mar-10	578.50	0.00	38.80	07-Abr-10	588.00	3.50	48.30
13-Mar-10	578.50	0.00	38.80	08-Abr-10	591.80	3.80	52.10
14-Mar-10	578.50	0.00	38.80	09-Abr-10	594.31	2.51	54.61
15-Mar-10	578.50	0.00	38.80	10-Abr-10	598.50	4.19	58.80
16-Mar-10	578.50	0.00	38.80	11-Abr-10	605.80	7.30	66.10
17-Mar-10	578.50	0.00	38.80	12-Abr-10	609.90	4.10	70.20
18-Mar-10	578.50	0.00	38.80	13-Abr-10	613.00	3.10	73.30
19-Mar-10	578.50	0.00	38.80	14-Abr-10	616.20	3.20	76.50

**ANEXO N° P: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvió 2
por ventana 1 aguas arriba**

Excav. Desde V1 Vs Aguas Arriba											
Fecha	Abscisa	Real	Acumulado	Fecha	Abscisa	Real	Acumulado	Fecha	Abscisa	Real	Acumulado
23-Feb-10	532.10	3.30	3.30	06-Abr-10	403.90	0.00	128.20	18-May-10	325.70	4.20	206.40
24-Feb-10	525.00	3.80	7.10	07-Abr-10	401.40	2.50	130.70	19-May-10	322.60	3.10	209.50
25-Feb-10	524.30	0.70	7.80	08-Abr-10	398.00	3.40	134.10	20-May-10	315.00	7.60	217.10
26-Feb-10	518.00	6.30	14.10	09-Abr-10	394.20	3.80	137.90	21-May-10	311.50	3.50	220.60
27-Feb-10	518.00	0.00	14.10	10-Abr-10	388.30	5.90	143.80	22-May-10	308.40	3.10	223.70
28-Feb-10	515.40	2.60	16.70	11-Abr-10	388.30	0.00	143.80	23-May-10	301.00	7.40	231.10
01-Mar-10	509.40	6.00	22.70	12-Abr-10	384.60	3.70	147.50	24-May-10	297.00	4.00	235.10
02-Mar-10	509.40	0.00	22.70	13-Abr-10	384.60	0.00	147.50	25-May-10	293.10	3.90	239.00
03-Mar-10	506.40	3.00	25.70	14-Abr-10	384.60	0.00	147.50	26-May-10	289.00	4.10	243.10
04-Mar-10	502.60	3.80	29.50	15-Abr-10	384.60	0.00	147.50	27-May-10	286.40	2.60	245.70
05-Mar-10	499.10	3.50	33.00	16-Abr-10	384.60	0.00	147.50	28-May-10	283.10	3.30	249.00
06-Mar-10	496.20	2.90	35.90	17-Abr-10	384.60	0.00	147.50	29-May-10	283.10	0.00	249.00
07-Mar-10	492.90	3.30	39.20	18-Abr-10	384.60	0.00	147.50	31-May-10	280.10	3.00	252.00
08-Mar-10	485.95	6.95	46.15	19-Abr-10	384.60	0.00	147.50	01-Jun-10	274.30	5.80	257.80
09-Mar-10	485.95	0.00	46.15	20-Abr-10	384.60	0.00	147.50	02-Jun-10	271.39	2.91	260.71
10-Mar-10	483.00	2.95	49.10	21-Abr-10	382.90	1.70	149.20	03-Jun-10	264.69	6.70	267.41
11-Mar-10	480.00	3.00	52.10	22-Abr-10	379.50	3.40	152.60	04-Jun-10	262.70	1.99	269.40
12-Mar-10	476.20	3.80	55.90	23-Abr-10	379.50	0.00	152.60	05-Jun-10	258.00	4.70	274.10
13-Mar-10	470.45	5.75	61.65	24-Abr-10	377.60	1.90	154.50	06-Jun-10	252.60	5.40	279.50
14-Mar-10	466.60	3.85	65.50	25-Abr-10	377.60	0.00	154.50	07-Jun-10	248.90	3.70	283.20
15-Mar-10	463.60	3.00	68.50	26-Abr-10	375.80	1.80	156.30	08-Jun-10	246.30	2.60	285.80
16-Mar-10	458.70	4.90	73.40	27-Abr-10	375.80	0.00	156.30	09-Jun-10	240.60	5.70	291.50
17-Mar-10	456.20	2.50	75.90	28-Abr-10	374.90	0.90	157.20	10-Jun-10	237.50	3.10	294.60
18-Mar-10	452.90	3.30	79.20	29-Abr-10	374.00	0.90	158.10	11-Jun-10	232.40	5.10	299.70
19-Mar-10	449.90	3.00	82.20	30-Abr-10	372.00	2.00	160.10	12-Jun-10	229.70	2.70	302.40
20-Mar-10	445.70	4.20	86.40	01-May-10	370.40	1.60	161.70	13-Jun-10	226.00	3.70	306.10
21-Mar-10	442.60	3.10	89.50	02-May-10	369.40	1.00	162.70	14-Jun-10	222.90	3.10	309.20
22-Mar-10	439.25	3.35	92.85	03-May-10	368.00	1.40	164.10	15-Jun-10	216.00	6.90	316.10
23-Mar-10	432.70	6.55	99.40	04-May-10	368.00	0.00	164.10	16-Jun-10	214.60	1.40	317.50
24-Mar-10	432.70	0.00	99.40	05-May-10	368.00	0.00	164.10	17-Jun-10	207.65	6.95	324.45
25-Mar-10	429.80	2.90	102.30	06-May-10	366.70	1.30	165.40	18-Jun-10	205.15	2.50	326.95
26-Mar-10	426.70	3.10	105.40	07-May-10	363.30	3.40	168.80	19-Jun-10	199.40	5.75	332.70
27-Mar-10	422.80	3.90	109.30	08-May-10	360.90	2.40	171.20	21-Jun-10	196.20	3.20	335.90
28-Mar-10	413.90	8.90	118.20	09-May-10	360.90	0.00	171.20	22-Jun-10	193.20	3.00	338.90
29-Mar-10	410.30	3.60	121.80	10-May-10	358.80	2.10	173.30	23-Jun-10	186.00	7.20	346.10
30-Mar-10	406.90	3.40	125.20	11-May-10	356.50	2.30	175.60	24-Jun-10	182.75	3.25	349.35
31-Mar-10	403.90	3.00	128.20	12-May-10	349.60	6.90	182.50	25-Jun-10	179.90	2.85	352.20
01-Abr-10	403.90	0.00	128.20	13-May-10	348.00	1.60	184.10	26-Jun-10	174.00	5.90	358.10
02-Abr-10	403.90	0.00	128.20	14-May-10	340.40	7.60	191.70	27-Jun-10	170.00	4.00	362.10
03-Abr-10	403.90	0.00	128.20	15-May-10	337.00	3.40	195.10	28-Jun-10	166.90	3.10	365.20
04-Abr-10	403.90	0.00	128.20	16-May-10	333.90	3.10	198.20	29-Jun-10	163.10	3.80	369.00
05-Abr-10	403.90	0.00	128.20	17-May-10	329.90	4.00	202.20	30-Jun-10	163.10	0.00	369.00

**ANEXO N° Q: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvió 2
por ventana 2 aguas abajo**

Excav. Desde V2 Vs Aguas Abajo							
Fecha	Abscisa	Real	Acumulado	Fecha	Abscisa	Real	Acumulado
06-Feb-10	844.03	2.67	2.67	03-Mar-10	895.70	4.51	51.67
07-Feb-10	846.70	0.00	2.67	16-Abr-10	898.90	3.20	54.87
08-Feb-10	850.30	3.60	6.27	17-Abr-10	901.00	2.10	56.97
09-Feb-10	850.30	0.00	6.27	18-Abr-10	904.38	3.38	60.35
10-Feb-10	850.30	0.00	6.27	11-Jul-10	907.15	2.77	63.12
11-Feb-10	853.50	3.20	9.47	12-Jul-10	907.15	0.00	63.12
12-Feb-10	853.50	0.00	9.47	13-Jul-10	908.80	1.65	64.77
13-Feb-10	857.43	3.93	13.40	14-Jul-10	908.80	0.00	64.77
14-Feb-10	857.43	0.00	13.40	15-Jul-10	910.80	2.00	66.77
15-Feb-10	860.75	3.32	16.72	16-Jul-10	912.00	1.20	67.97
16-Feb-10	860.75	0.00	16.72	17-Jul-10	912.00	0.00	67.97
17-Feb-10	860.75	0.00	16.72	18-Jul-10	913.90	1.90	69.87
18-Feb-10	860.75	0.00	16.72	19-Jul-10	916.50	2.60	72.47
19-Feb-10	863.75	3.00	19.72	20-Jul-10	916.50	0.00	72.47
20-Feb-10	867.10	3.35	23.07	21-Jul-10	919.50	3.00	75.47
21-Feb-10	870.70	3.60	26.67	22-Jul-10	919.50	0.00	75.47
22-Feb-10	874.00	3.30	29.97	23-Jul-10	919.50	0.00	75.47
23-Feb-10	874.00	0.00	29.97	24-Jul-10	919.50	0.00	75.47
24-Feb-10	878.43	4.43	34.40	25-Jul-10	919.50	0.00	75.47
25-Feb-10	881.32	2.89	37.29	26-Jul-10	919.50	0.00	75.47
26-Feb-10	881.32	0.00	37.29	27-Jul-10	919.50	0.00	75.47
27-Feb-10	884.00	2.68	39.97	28-Jul-10	919.50	0.00	75.47
28-Feb-10	887.40	3.40	43.37	29-Jul-10	919.50	0.00	75.47
01-Mar-10	887.40	0.00	43.37	30-Jul-10	919.50	0.00	75.47
02-Mar-10	891.19	3.79	47.16	31-Jul-10	919.50	0.00	75.47

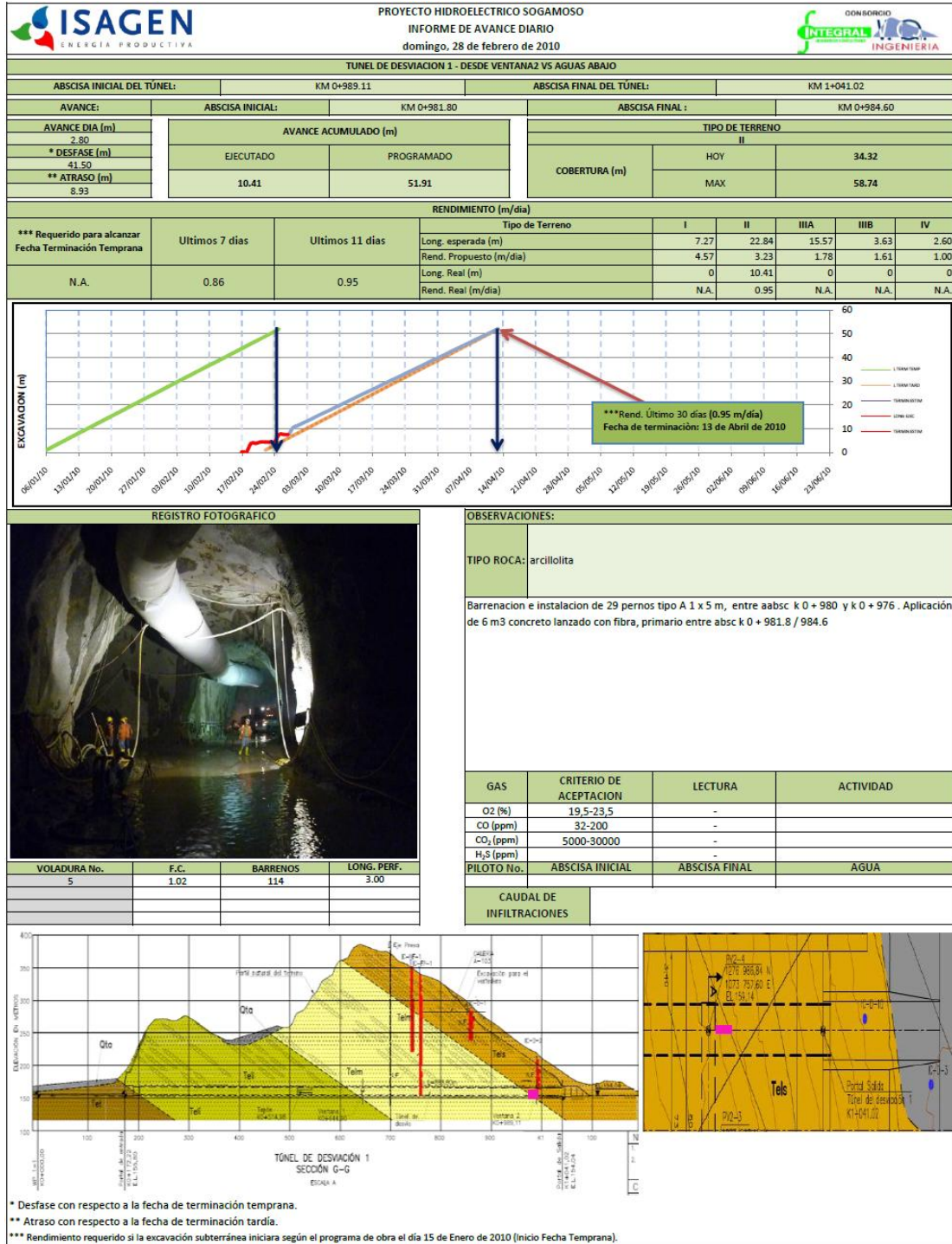
**ANEXO N° R: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvió 2
por ventana 2 aguas arriba**

Excav. Desde V2 Vs Aguas Arriba							
Fecha	Abscisa	Real	Acumulado	Fecha	Abscisa	Real	Acumulado
04-Feb-10	836.25	3.67	3.67	10-Mar-10	755.10	0.00	81.15
05-Feb-10	832.58	0.00	3.67	11-Mar-10	752.40	2.70	83.85
06-Feb-10	832.58	0.00	3.67	12-Mar-10	749.10	3.30	87.15
07-Feb-10	832.58	0.00	3.67	13-Mar-10	745.60	3.50	90.65
08-Feb-10	832.58	0.00	3.67	14-Mar-10	741.97	3.63	94.28
09-Feb-10	829.00	3.58	7.25	15-Mar-10	738.88	3.09	97.37
10-Feb-10	825.90	3.10	10.35	16-Mar-10	735.90	2.98	100.35
11-Feb-10	825.90	0.00	10.35	17-Mar-10	732.40	3.50	103.85
12-Feb-10	825.90	0.00	10.35	18-Mar-10	726.10	6.30	110.15
13-Feb-10	822.03	3.87	14.22	19-Mar-10	726.10	0.00	110.15
14-Feb-10	822.03	0.00	14.22	20-Mar-10	719.78	6.32	116.47
15-Feb-10	822.03	0.00	14.22	21-Mar-10	716.50	3.28	119.75
16-Feb-10	819.40	2.63	16.85	22-Mar-10	712.90	3.60	123.35
17-Feb-10	816.30	3.10	19.95	23-Mar-10	709.60	3.30	126.65
18-Feb-10	812.90	3.40	23.35	24-Mar-10	703.10	6.50	133.15
19-Feb-10	810.00	2.90	26.25	25-Mar-10	699.40	3.70	136.85
20-Feb-10	809.80	0.20	26.45	26-Mar-10	694.75	4.65	141.50
21-Feb-10	806.00	3.80	30.25	27-Mar-10	690.60	4.15	145.65
22-Feb-10	803.36	2.64	32.89	28-Mar-10	683.09	7.51	153.16
23-Feb-10	799.95	3.41	36.30	29-Mar-10	679.60	3.49	156.65
24-Feb-10	799.95	0.00	36.30	30-Mar-10	673.10	6.50	163.15
25-Feb-10	797.40	2.55	38.85	31-Mar-10	669.60	3.50	166.65
26-Feb-10	792.85	4.55	43.40	04-Abr-10	669.60	0.00	166.65
27-Feb-10	790.05	2.80	46.20	05-Abr-10	663.80	5.80	172.45
28-Feb-10	789.20	0.85	47.05	06-Abr-10	660.10	3.70	176.15
01-Mar-10	786.20	3.00	50.05	07-Abr-10	656.70	3.40	179.55
02-Mar-10	782.00	4.20	54.25	08-Abr-10	650.40	6.30	185.85
03-Mar-10	778.80	3.20	57.45	09-Abr-10	646.11	4.29	190.14
04-Mar-10	776.60	2.20	59.65	10-Abr-10	639.70	6.41	196.55
05-Mar-10	774.00	2.60	62.25	11-Abr-10	636.23	3.47	200.02
06-Mar-10	768.70	5.30	67.55	12-Abr-10	629.10	7.13	207.15
07-Mar-10	765.00	3.70	71.25	13-Abr-10	625.43	3.67	210.82
08-Mar-10	758.40	6.60	77.85	14-Abr-10	619.60	5.83	216.65
09-Mar-10	755.10	3.30	81.15	15-Abr-10	615.80	3.80	220.45

**ANEXO N° S: Tabla con los datos de las excavaciones del túnel de desvió 2
por portal entrada aguas abajo**

Excav. Desde Portal entrada Vs Aguas Abajo			
Fecha	Abscisa	Real	Acumulado
21-May-10	88.92	0.00	0.00
22-May-10	90.90	1.98	1.98
23-May-10	90.90	0.00	1.98
24-May-10	90.90	0.00	1.98
25-May-10	90.90	0.00	1.98
26-May-10	92.10	1.20	3.18
27-May-10	92.10	0.00	3.18
28-May-10	92.10	0.00	3.18
29-May-10	92.10	0.00	3.18
31-May-10	94.50	2.40	5.58
01-Jun-10	94.50	0.00	5.58
02-Jun-10	98.10	3.60	9.18
03-Jun-10	100.60	2.50	11.68
04-Jun-10	102.80	2.20	13.88
05-Jun-10	102.80	0.00	13.88
06-Jun-10	105.90	3.10	16.98
07-Jun-10	105.90	0.00	16.98
08-Jun-10	108.00	2.10	19.08
09-Jun-10	108.00	0.00	19.08
10-Jun-10	109.80	1.80	20.88
11-Jun-10	111.50	1.70	22.58
12-Jun-10	115.60	4.10	26.68
13-Jun-10	117.30	1.70	28.38
14-Jun-10	119.25	1.95	30.33
15-Jun-10	121.80	2.55	32.88
16-Jun-10	128.90	7.10	39.98
17-Jun-10	131.40	2.50	42.48
18-Jun-10	135.20	3.80	46.28
19-Jun-10	138.27	3.07	49.35
21-Jun-10	141.80	3.53	52.88
22-Jun-10	144.80	3.00	55.88
23-Jun-10	150.90	6.10	61.98
24-Jun-10	154.65	3.75	65.73
25-Jun-10	157.30	2.65	68.38
26-Jun-10	159.80	2.50	70.88
27-Jun-10	159.80	0.00	70.88
28-Jun-10	163.10	3.30	74.18
29-Jun-10	163.10	0.00	74.18

ANEXO N° T: Modelo en digital de los informes diarios de los túneles de desvío



ANEXO N° U: Modelo en digital de los informes diarios de los túneles de desvío

ISAGEN ENERGÍA PRODUCTIVA		PROYECTO HIDROELECTRICO SOGAMOSO INFORME DE AVANCE DIARIO TUNEL DE DESVIACIÓN No. 2 (L=829,08 m) martes, 22 de junio de 2010					CONSORCIO INTEGRAL INGENIERIA	
FRETE	TUNEL DE DESVIACION 2 DESDE V2 AGUAS ABAJO	TUNEL DE DESVIACION 2 DESDE V2 AGUAS ARRIBA	TUNEL DE DESVIACION 2 DESDE V1 AGUAS ABAJO	TUNEL DE DESVIACION 2 DESDE V1 AGUAS ARRIBA	TUNEL DE DESVIACION 2 DESDE PORTAL DE ENTRADA AGUAS ABAJO	TOTAL AVANCE (m)	TOTAL AVANCE (%)	
ABSCISA TEORICA INICIAL	k0+866,37	k0+866,37		k0+535,88	k0+088,92			
ABSCISA TEORICA FINAL	k0+918,00	k0+535,88		k0+118,92				
LONGITUD TEORICA (m)	51,63	330,49		416,96		799,08		
ABSCISA REAL INICIAL	k0+840,60	k0+840,60	k0+535,88	k0+535,88	k0+088,92			
ABSCISA REAL FINAL	k+918,00	k0+616,20	k0+616,20	k0+118,92				
LONGITUD REAL (m)	77,40	224,40	80,32	416,96		799,08		
EXCAVACION								
AVANCE DIARIO	BOVEDA BANQUEO HASTIALES	0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00	3,20 0,00 0,00	3,53 0,00 0,00	6,73 0,00 0,00	
AVANCE ACUMULADO	BOVEDA BANQUEO HASTIALES	63,78 0,00 0,00	224,40 295,00 115,00	80,32 0,00 0,00	342,68 0,00 0,00	55,88 295,00 115,00	767,06 36,92% 14,39%	
CONCRETOS								
AVANCE DIARIO	SOLERA HASTIALES BOVEDA	0,00 0,00 0,00	12,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00	
AVANCE ACUMULADO	SOLERA HASTIALES BOVEDA	0,00 0,00 0,00	115,70 0,00 0,00	39,20 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00	154,90 0,00% 0,00%	
CICLOS	VOLADURA F.C. BARRENOS LONG. VOLADURA F.C. BARRENOS LONG.				114 1,85 101 3,00	22 1,53 96 2,50		
TIPO DE ROCA	Arenisca moderadamente fracturada.				Arenisca fracturada			
OBSERVACIONES	Frete inactivo.	Limpieza manual a presión con agua y aire entre las abscisas K0+721.58 a K0+733.49. Colocación de 63m3 de concreto de 21 Mpa para solera entre abscisas K0+721.58 a K0+733.49. Limpieza manual a presión con agua y aire entre las abscisas K0+733.49 a K0+745.49.	Actividad reportada en frente túnel de desviación 2 desde V2 aguas arriba.	Lanzado de 10m3 de concreto neumatico con dramix entre las abscisas K0+190.20 y K0+193.20. Instalacion de pernos tipo A1 de longitud 5 m en las abscisas K0+200.10 (10 un), K0+197.80 (10un) y K0+195.00 (3).	Lanzado de 12 m3 de concreto neumatico con dramix entre las abscisas K0+138.27 y K0+141.80. Instalacion de pernos tipo A1 de longitud 6 m en las abscisas K0+138(10 un) y K0+140 (9). Lanzado de 12 m3 de concreto neumatico con dramix entre las abscisas K0+141.80 y K0+144.80.			

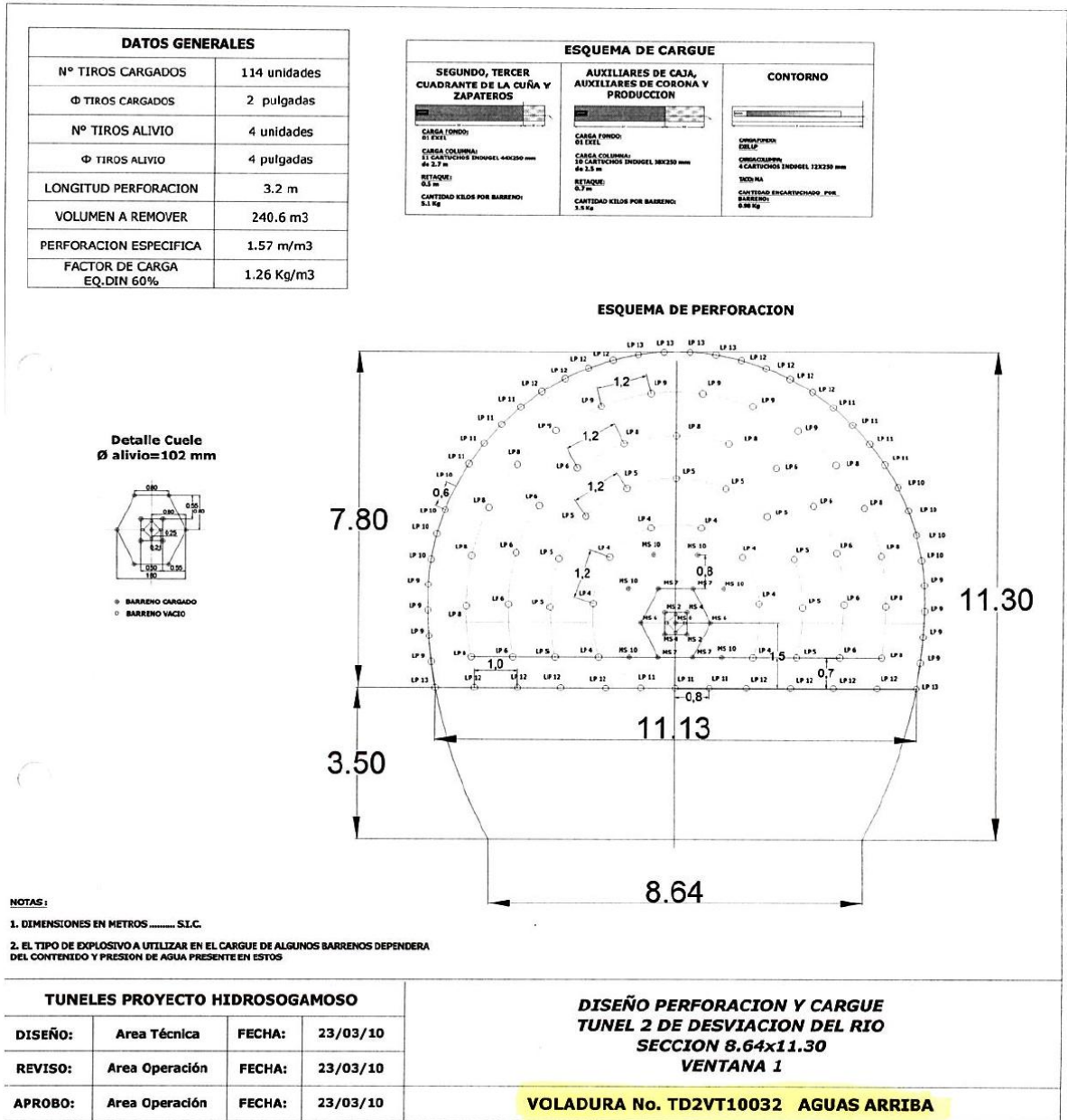
ANEXO N° V: Modelo en físico de los informes diarios de los túneles de desvío

CONSORCIO		PROYECTO HIDROELÉCTRICO SOGAMOSO												
INTEGRAL		INFORME DIARIO DE EXCAVACIONES EN TÚNELES												
INGENIERIA		FE - 2071-2												
Inspector <u>Alberto Albarroán Y.</u>		Túnel <u>desvío 1x4-2 A-arriba</u>		Fecha <u>2010-05-24</u>		Turno <u>Nocturno 19-07</u>		Ciclo <u>17</u>						
Absc Inicial <u>E0+678</u>		Absc Final <u>K0+656</u>		Avance <u>22</u> m		Acumulado _____ m								
Tipo de Terreno _____		Abscisas: Desde: _____		Hasta _____										
ESQUEMA DE BARRENACIÓN Y ENCENDIDO				CARACTERÍSTICAS DE LA VOLADURA										
				Explosivo utilizado										
Localización	Retardos		Indugel		Emuls. Bomb.		Emuls. Encart.		Anfo		Cordón			
Barrenos	No	Cant	Tacos	Kg	Kg/perf.	Kg	Kg/perf.	Kg	Kg/perf.	Kg	Tacos	Kg	Kg/perf.	Kg
Cuña														
Ayudantesde cuña														
Piso														
Ayudantes de piso														
Costura de la clave														
Ayudantes de la clave														
Costura de los hastiales														
Ayudantes de costura														
Total														
Área teórica <u>168.08</u> m ²		VolÚmen teórico <u>756.36</u> m ³		Mecha lenta _____ m		Fulminantes comunes <u>1</u> Un.								
Long perf: <u>4.70</u> m		Cantidad huecos <u>104</u>		Total perf <u>468</u> m		Fact Barrenación <u>0.618</u> m/m ³								
Tipo explosivo costura _____				Peso por taco _____ Kilogramos										
Tipo explosivo producción _____				Peso por taco _____ Kilogramos										
Peso total explosivo <u>599.12</u> Kg		VolÚmen voladura <u>756.36</u> m ³		Factor de carga <u>0.792</u> Kg/m ³										
<u>EQ-DIU 60%</u>		<u>444.66</u>		<u>0.587</u>										
CICLOS DE EXCAVACIÓN Y TRATAMIENTOS														
A. Excavación	Hora Inicial	Hora Final	Total (min)	Concreto Neumático		Hora inicial:		Hora final:						
				Capa	Abs Inicial	Abs. Final	Vol. (m ³)	Fibra (S/N)	Aditivo					
Preparativos	<u>19.00</u>	<u>19.30</u>	<u>30</u>											
Perforación	<u>19.30</u>	<u>04.30</u>	<u>Ver darso</u>											
Cargue	<u>04.40</u>	<u>06.30</u>	<u>100</u>											
Retiro eq. - Voladura	<u>06.30</u>	<u>06.40</u>	<u>20</u>											
Ventilación														
				Malla Electrosoldada				Marcos Acero						
Rezaga				H. Ini:	H. Fin:	H. Ini:	H. Fin:							
Desabombe				Tipo	Abs Inicial	Abs. Final	Cant. (m ²)	Tipo	Abscisa					
Rezaga desabombe														
Número de perforadoras														
Σ Tiempo perforadoras														
PERNOS TIPO	Hora Inic	Hora Fin	Total min	# Un	Abscisa	Zona horaria	Res. rápida	Res. lenta	Lechada					
INSTRUMENTACIÓN														
OBSERVACIONES														
<u>Explosivo utilizado.</u>														
<u>indugel 270 x 44 mm = 104 tacos</u>														
<u>emulind b = 550.6 Kgs.</u>														

ANEXO N° W: Esquema de una voladura en banqueo de los reportes diarios en las excavaciones de los túneles

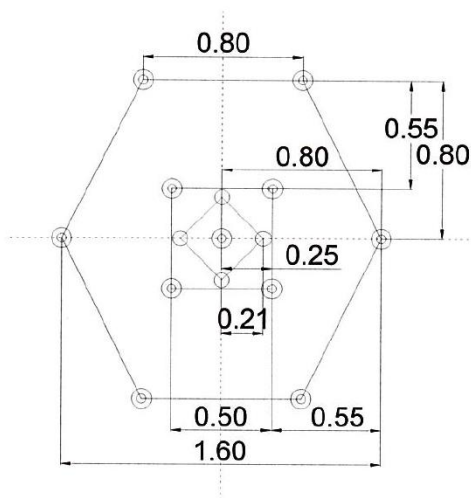
CONSORCIO INTEGRAL INGENIERIA		PROYECTO HIDROELÉCTRICO SOGAMOSO INFORME DIARIO DE EXCAVACIONES EN TÚNELES					
Túnel <u>desvío 1 * V-2 a. arriba</u>	Turno <u>19 - 07</u>	Fecha <u>2010-01-24</u>	Inspector <u>A. Albarroin</u>	Ciclo <u>17</u>			
DESCRIPCIÓN Voladura banqueo K0+678 / K0+656 Area $22 \times 7.64 = 168.08 \text{ m}^2$ Volumen. $168.08 \times 4.50 = 756.36 \text{ m}^3$ N° barrenos = 104 FC = 0.792 kg/m ³ . EQ. DIM 60% 0,587	MEDIDAS - DIBUJO - INFORMACIÓN 						
LISTA DE VERIFICACIÓN							
Marque con una x y por actividad ejecutada, el cumplimiento de las labores de supervisión que la conforman							
Barrénación y Voladura	SI	No	Se inyectó mezcla aprobada	Se utilizó dosificación aprobada			
Se efectuó chequeo topog. Sección	X		Se utilizaron resinas aprobadas	Se embebió en concreto			
Se perforó cuñas según diagrama			Se utilizaron resinas vencidas	Marcos de acero			
Se perforaron ayudantes s/diagrama			Se instalaron platinas de asiento	Geometría y longitud de diseño			
Se perforó costura según diagrama			Se aplicó carga de tensión diseño	Secuencia de instalación aprobada			
Se perforaron ayudantes costura			Se apretaron tuercas	Se instalaron separadores			
Se sopletearon los barrenos	X		Se inyectaron pernos tensionados	Se utilizaron accesorios s/diseño			
Se utilizó el explosivo aprobado	X		Se utilizó equipo aprobado	Se utilizó atizador			
Se cargó según diagrama aprobado			Concreto neumático	SI No			
Los retardos fueron bien colocados	X		Equipo en buen estado	Se castigó el marco			
Se colocaron retardos s/diagrama			Materiales aprobados	Se utilizó madera seca			
Se utilizó sistema de encendido aprobado	X		Funciona dispositivo aditivo	Se instalaron tubería p/inyección			
Se efectuó voladura	X		Se preparó superficie aplicación	Se completó tratamiento s/diseño			
La ventilación fue adecuada	X		Se capturaron aguas de infiltración	Seguridad Industrial			
Quedaron cargas fallidas			Se colocaron calibradores	Iluminación en niveles apropiados			
Se hizo desabombe			Se utilizaron presiones adecuadas	Ventilación en niveles apropiados			
Se rezagó el material			Aplicación correcta concreto p/tipo	Se hicieron mediciones de gases			
Se realizaron perforaciones piloto			Cumple normas de seguridad industrial	Se aplican normas de seg. Industrial			
Se realizaron perforaciones exploratorias			% rebote normal	Señalización según normas			
Se realizaron perforaciones de drenaje			Se tomaron muestras p/ensayos	Normas ambientales			
Instalación de pernos:	SI	No	Malla electrosoldada	SI No			
Se perforó longitud de diseño			Se aseguró firmemente	Manejo aguas evacuadas túnel			
Se barrenó cantidad ordenada			Se ajustó al terreno	Manejo grasas y aceites			
Se colocaron mangueras p/invec			Se dejaron traslapes adecuados	Manejo desechos industriales			
PESO CARTUCHOS EXPLOSIVOS		EQUIVALENCIAS					
26mm x 250mm	0,16234 kg	44mm x 250mm	0,46296 kg	Explosivo	Equiv. DIN60%	Explosivo	Equiv. DIN60%
32mm x 250mm	0,24510 kg	ANFO 38mm x 350mm	0,40 kg	Anfo	0,868	Indugel Plus	0,877
38mm x 250mm	0,34722 kg	EMULSION Densidad	1.15 - 1.2 gr/cm ³	Emulind B	0,7298	Pentofex	1,2040
		CORDON	gr/ml	Emultex CN	0,9010	Cordón Sísmico	1,2040
<u>Alberto Albarroin V.</u>		<u>Diego Casanova C.</u>					
Inspector		Ingeniero Auxiliar			Ingeniero Residente		

ANEXO N° X: Esquema de perforación para voladura en bóveda en las excavaciones de los túneles de desvío



ANEXO N° Y: Detalle del cuele en la perforación para voladura en bóveda de los túneles de desvío

Detalle Cuele **Ø alivio=102 mm**



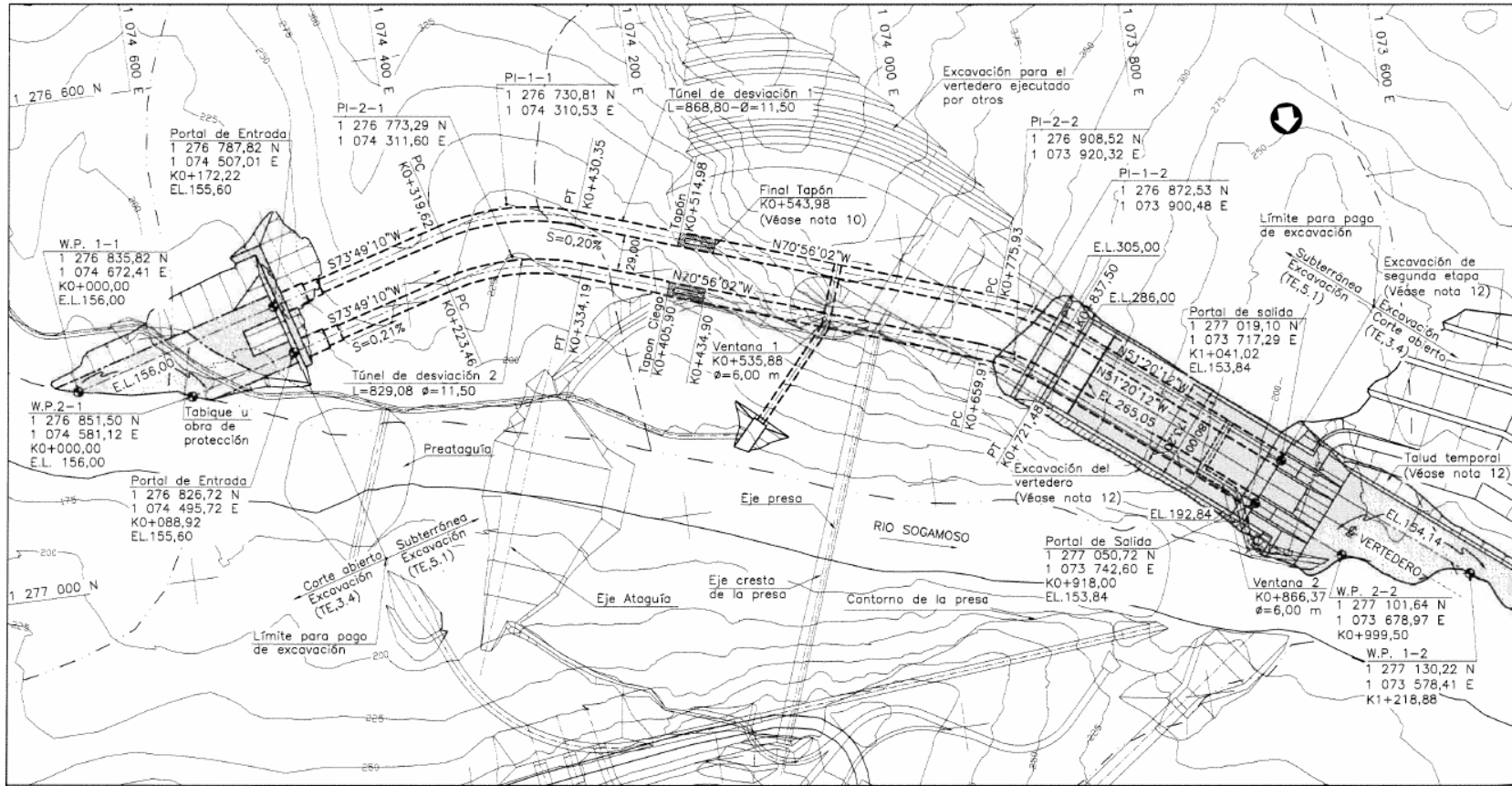
⊙ **BARRENO CARGADO**

○ **BARRENO VACIO**

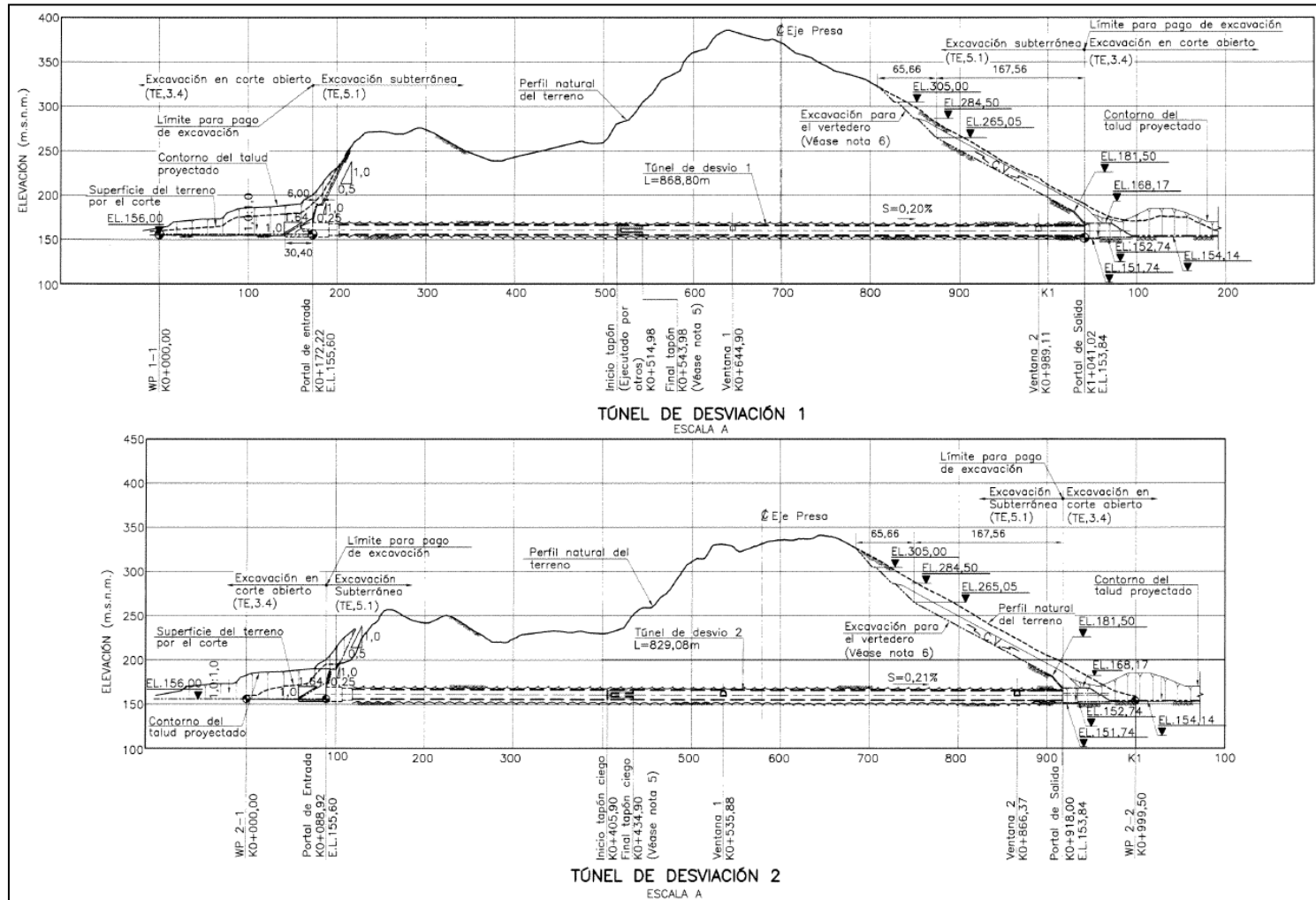
DETALLE CUELE
TUNEL 2 DESVIACION DEL RIO
SECCION 8.64x11.30
VENTANA 1

VOLADURA No. TD2VT10032 AGUAS ARRIBA

ANEXO N° Z: Localización general en planta de los túneles de desviación

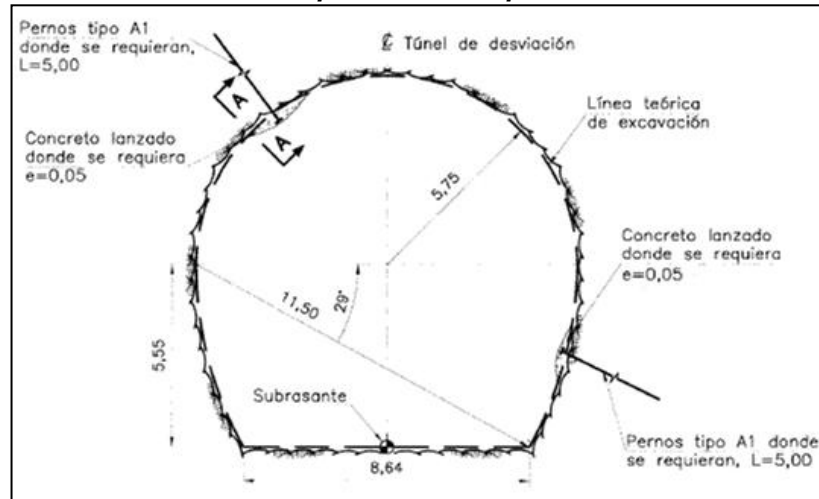


ANEXO N° AA: Perfiles, Túneles de Desviación 1 y 2

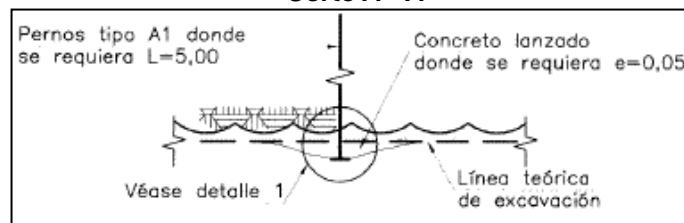


ANEXO N° AB: Soporte para terreno tipo I, cortes y detalles

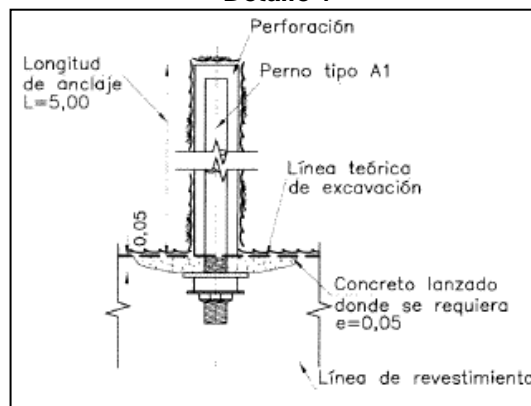
Soporte terreno tipo I



Corte A - A

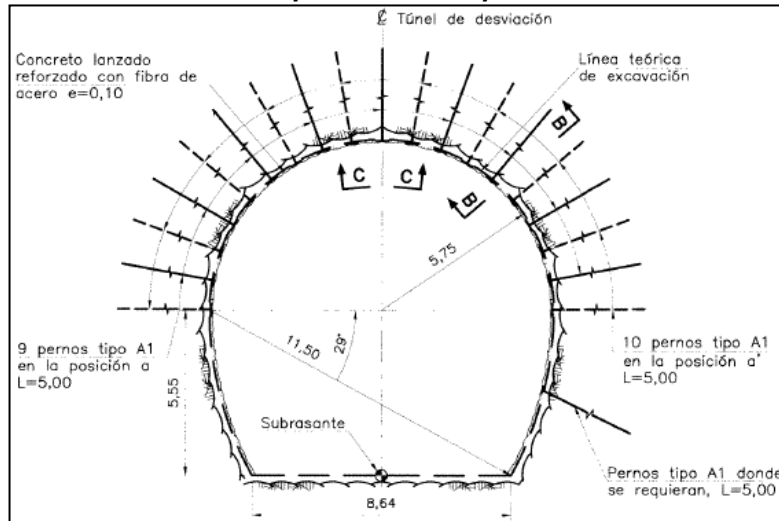


Detalle 1

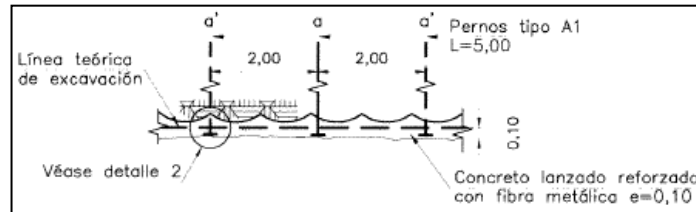


ANEXO N° AC: Soporte para terreno tipo II, cortes y detalles

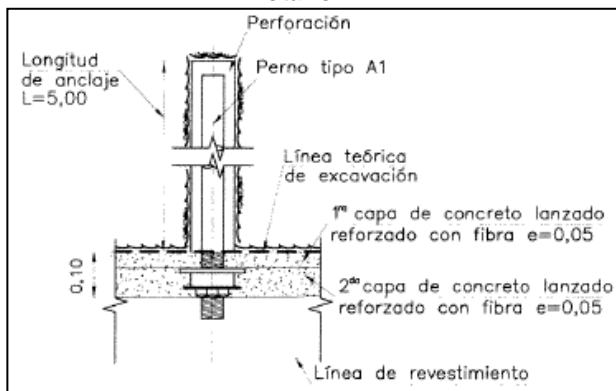
Soporte terreno tipo II



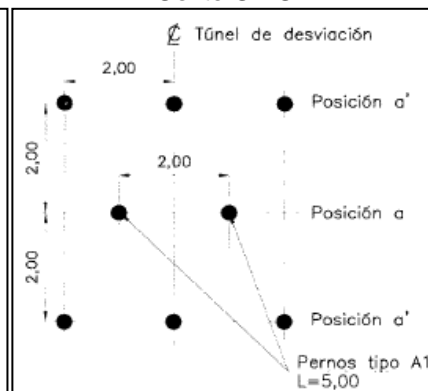
Corte B - B



Detalle 2

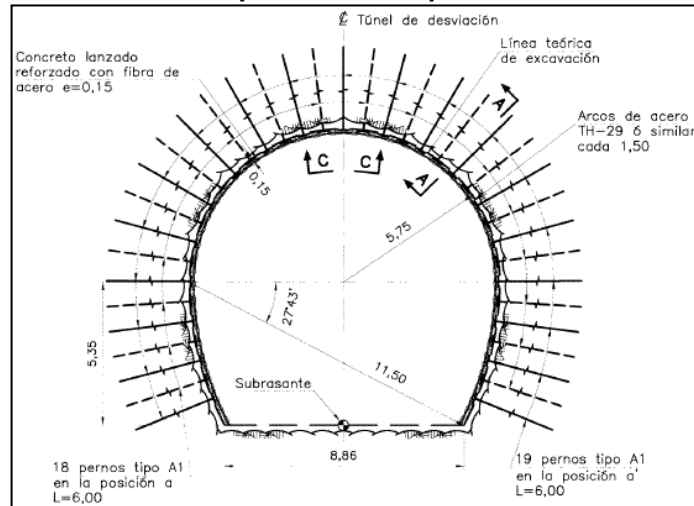


Corte C - C

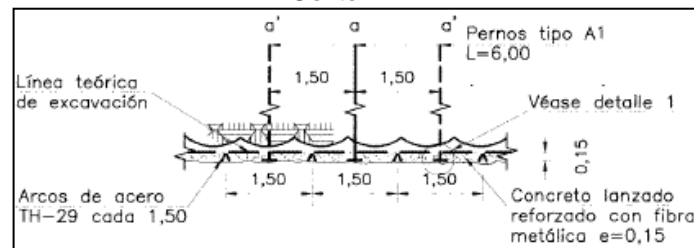


ANEXO N° AD: Soporte para terreno tipo IIIA, cortes y detalles

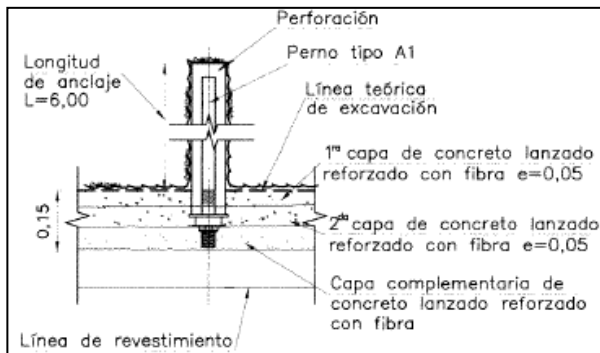
Soporte terreno tipo IIIA



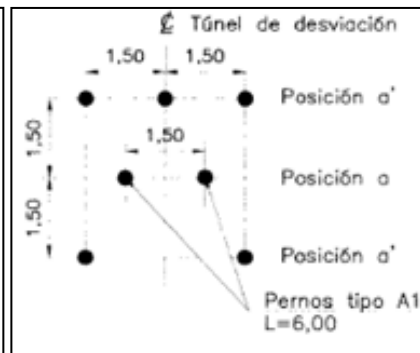
Corte A - A



Detalle 1

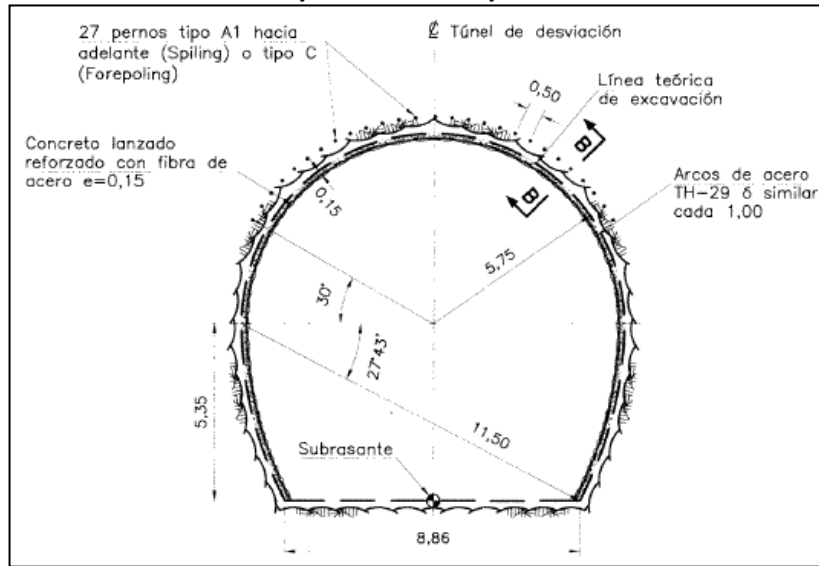


Corte C - C

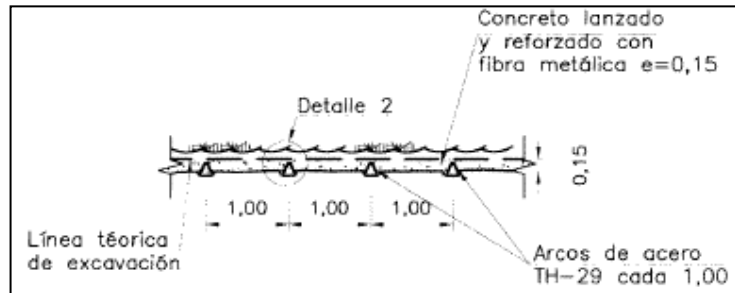


ANEXO N° AE: Soporte para terreno tipo IIIB, cortes y detalles

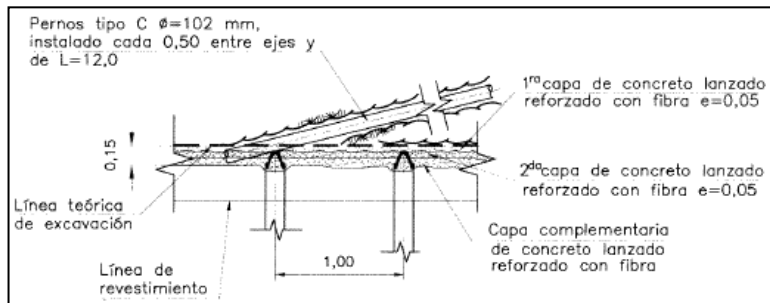
Soporte terreno tipo IIIB



Corte B - B



Detalle 2



ANEXO N° AF: Fotos del antes y después de los túneles de desviación

