

“Análisis de Metodologías de Excavación y sostenimiento en etapa de Proyecto y construcción en Túnel Zonda”

Olivera, Laureano Ariel^a; Girardi Mancini, Pablo^b

^a Interacción Consultora SAS.; Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña, Facultad de Ingeniería, UNSJ

^b Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña, Facultad de Ingeniería, UNSJ

pgirardi@eicam.unsj.edu.ar

Resumen

Este trabajo trata sobre el desarrollo de tareas de investigación en relación a las etapas de proyecto y construcción del túnel Zonda. Dichas tareas se llevan a cabo en el marco de la línea de investigación de la temática Túneles que, desde hace 7 años, se desarrollan en la Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña, Facultad de Ingeniería, dependiente de la Universidad Nacional de San Juan.

El túnel carretero Zonda, de más de 1000 metros de longitud, está ubicado a 20 km de la ciudad de San Juan. Actualmente se ha avanzado en la construcción de los accesos al mismo y unos 10 metros de túnel en el portal Este. Como dato distintivo, el proyecto del acueducto “Gran Tulum”, que proveerá de agua potable al Gran San Juan mediante una cañería de gran diámetro, discurre por el interior del túnel.

En esta investigación se trabaja en la comparación de metodologías para el diseño de excavación y sostenimiento en el túnel Zonda. Para ello se compila información del proyecto del túnel y también de su etapa constructiva, tanto en los sectores de excavación de acceso al túnel, como en el interior del mismo. Se busca contrastar, con la ayuda de software específico, parámetros resistentes del macizo rocoso en función de las hipótesis de investigación propuestas

Palabras clave: Excavación, Sostenimiento, Túnel, Zonda.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo de investigación se analiza el desarrollo de las metodologías de Excavación y sostenimiento tanto del Túnel de Zonda como de los portales de acceso al mismo, planteadas desde las distintas fases de Proyecto, Ingeniería Básica (Anteproyecto Etapa Licitatoria), Proyecto Ejecutivo e Ingeniería de Detalle (Proyecto definitivo para Construcción) indicando la evolución de los distintos estudios y procedimientos realizados.

También se analiza la aplicación constructiva de dichas Metodologías con sus diferentes implicancias al momento de materializar lo dispuesto en la Ingeniería de Detalle, correspondiente al Túnel Zonda y los sectores de acceso al túnel, con el fin de obtener documentación conforme a obra.

Existen distintas metodologías de diseño para la excavación y cálculo de sostenimiento de túneles.

Por un lado están las clasificaciones geomecánicas de macizos rocosos, que valoran la roca de acuerdo a su calidad intrínseca, grado de fracturación y estratificación presentes, entre otros parámetros y proponen una forma expeditiva de estimar tiempos de estabilidad en excavaciones, cargas que solicitarán y

sostenimientos sugeridos en función de una base empírica.

Por otro lado se encuentran los métodos numéricos que tienen en cuenta el estado tenso-deformacional del macizo rocoso, sobre todo en la interfaz roca-sostenimiento de la cavidad y puede resolverse satisfactoriamente utilizando modelos matemáticos convenientemente planteados con el auxilio de elementos finitos.

El Análisis comparativo de metodologías para el diseño de la Excavación y sostenimiento con aplicación en el Túnel de Zonda se considera de suma utilidad para determinar la viabilidad técnico-económica y también ambiental de este tipo de obras

OBJETIVOS

GENERAL: Realizar una evaluación técnico-económica, entre distintas alternativas que permitan diseñar los procedimientos de excavación y sostenimiento, en base a clasificaciones geomecánicas del macizo rocoso y métodos numéricos, aplicada al túnel Zonda.

Específico 1: Identificar parámetros de decisión comparables para clasificaciones geomecánicas y

métodos numéricos.

Específico 2: Realizar una comparación técnico económica, teniendo en cuenta secuenciación constructiva, distintas configuraciones de sostenimiento, sectorización longitudinal del túnel, parámetros ambientales, entre otras variables a analizar.

Específico 3: Contrastar los resultados de la citada evaluación con parámetros reales del macizo y proyecto de excavación y sostenimiento del túnel Zonda.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recopilan antecedentes de las Metodologías de Excavación y Sostenimientos desarrolladas en la etapa de proyecto del Túnel Zonda y los Portales del mismo.

Se recopilan también antecedentes de las distintas etapas constructivas, evidenciando las metodologías de Excavación y Sostenimientos que se están llevando a cabo.

Como etapa previa a la Comparación técnico-económica propuesta en el Objetivo General de este proyecto, deben definirse las clasificaciones geomecánicas a utilizar.

Y también se define el uso de metodologías que permiten calcular en forma numérica la relación entre las tensiones internas y la deformación, en conjunto con los soportes ocupados.

Se generan modelos constitutivos a través de los parámetros considerados en las etapas de Proyecto a los fines de poder comparar, a través de las herramientas disponibles.

Se definen los parámetros en común de ambas metodologías para posteriormente analizar la influencia de los parámetros de decisión de las clasificaciones geomecánicas seleccionadas y comparar con los obtenidos a partir de los métodos numéricos analizados.

Se comparan las variables obtenidas a través de los modelos, tanto de proyecto, como los generados en el presente proyecto de investigación con las variables medidas en el macizo a los fines de realizar la comparación y análisis de las mismas a los fines de retroalimentar los modelos, realizar los ajustes de sensibilidad correspondientes a los fines de optimizar los modelos y plantear alternativas al proyecto en caso de ser necesarios. En el mismo sentido, analizar las metodologías constructivas realizadas y en caso de corresponder plantear alternativas de optimización necesarias.

RESULTADOS

En base a los antecedentes recopilados a través de la documentación de Ingeniería Básica (Licitatoria), se determinan las metodologías de excavación y de sostenimientos establecidas como base para desarrollar las siguientes etapas del proyecto. En esta instancia se individualizan parámetros geológicos, geomecánicos, geométricos, topográficos y de sostenimiento previsto, que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de esta instancia.

Las dos etapas de Proyecto a ejecutar por el Contratista fueron también recopiladas, para analizar las mejoras que se pudieran ingresar al proyecto en torno a las metodologías planteadas originalmente, identificando también en forma precisa los parámetros geológicos, geomecánicos, topográficos y geométricos tomados en cuenta en cada una de las etapas de proyecto, haciendo hincapié en la Ingeniería de Detalle que es la documentación con la que se lleva adelante los trabajos de construcción de la obra.

Así mismo, se recopilan los modelos desarrollados y las diversas verificaciones realizadas sobre los mismos.

De esta manera es posible detallar las verificaciones ejecutadas por el proyectista de la contratista a través de metodología de Clasificaciones Geomecánicas. (Se adjunta en Figura 1 sectorización geomecánica de portal Rivadavia de Túnel Zonda).

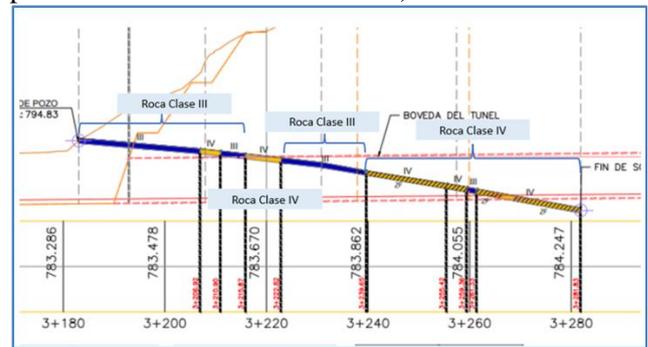


Fig1: Sectorización geomecánica de portal Rivadavia.

Análogamente con metodología de métodos numéricos, a partir de software de Verificación Geotécnica tales como FLAC 3D, de "Itasca", PLAXIS 2D de "Bentley y RS2 y SLIDE de "Rocscience" (Se adjunta en Figura 2 verificación de talud Portal Zonda con SLIDE).

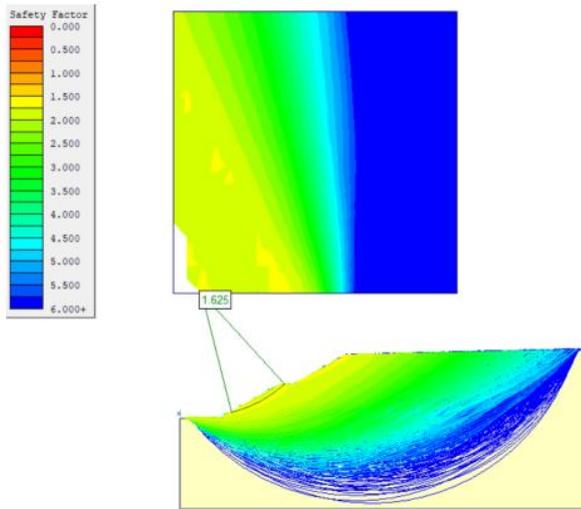


Fig2: Verificación de talud Portal Zonda con SLIDE

Las metodologías citadas se usan para el análisis de excavación y sostenimiento del túnel y de los Portales Este (Rivadavia) y Oeste (Zonda). Se Adjunta Figura 3 con Sostenimiento proyectado en Sección genérica.

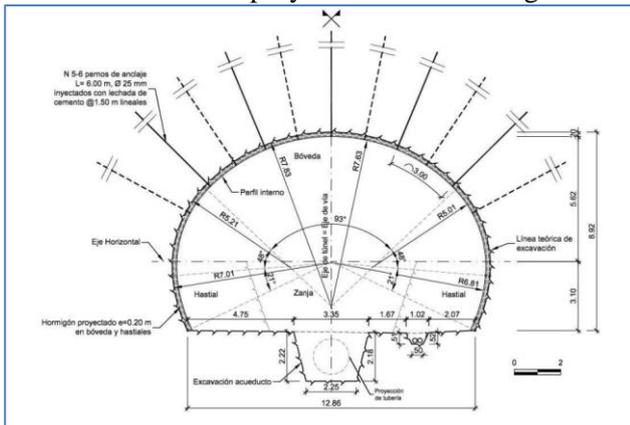


Fig3: Sostenimiento proyectado en Sección genérica.

Del mismo modo, se recopilaron, in situ, los antecedentes en obra de las metodologías constructivas ejecutadas en ambos Portales de acceso al Túnel y lo ejecutado en el túnel (10 metros de Avance. Ver Figura 4), pudiendo de esta manera tener una herramienta más precisa para poder comparar los procedimientos y metodologías previstos en el proyecto y los realmente ejecutados en obra, que implican desde el control de calidad de los materiales, el control en obra de los procedimientos constructivos, procedimientos de seguridad, utilización de equipos y las propias metodologías de excavación y sostenimiento.



Fig 4: Avance actual de Túnel Zonda en Portal Rivadavia.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Cabe aclarar que este trabajo se basa en un proyecto de investigación en ejecución, por lo que aún no se registran resultados definitivos.

Se extraerán de los análisis pertinentes los resultados más relevantes para poder formular los lineamientos y recomendaciones, entre distintas alternativas, que permitan diseñar los procedimientos de excavación y sostenimiento, en base a clasificaciones geomecánicas del macizo rocoso y métodos numéricos.

La pertinencia de estos lineamientos dependerá de varios criterios: requisitos específicos del problema a investigar, disponibilidad de datos específicos, entre otras variables.

Por otro lado cabe citar algunas dificultades del proyecto civil Túnel Zonda. La construcción del mismo recién comenzó en Setiembre de 2023, por lo que se tiene un atraso respecto al período del proyecto de investigación. Sumado a lo anterior, a fines de 2023, se interrumpió la obra del túnel, por problemas de financiación y administrativos.

Sin embargo se aprovechan estas circunstancias para avanzar en la parte de gabinete del proyecto de investigación.

Cabe resaltar la importancia de la implementación de esta línea de investigación, ya que va a la par de la recientemente creada "Especialización en Túneles y Obras Civiles Subterráneas", que ya tiene su tercera cohorte de Especialistas.

Y respecto a los vaivenes económicos y políticos citados, que vienen afectando la obra pública, la intención de la investigación en túneles es enfocarse en una "línea" de investigación para no quedar atado a las condiciones antes citadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Mundial de la Carretera - "PIARC". Biblioteca virtual.
- Asociación Internacional de Túneles y Espacios Subterráneos (AITES) – Biblioteca virtual.
- Norma ACI 506.2M-13. Specification for Shotcrete. – 2014.
- González de Vallejo, Luis I.; Ingeniería Geológica; 2010; Madrid; Prentice Hall.