

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

**“TRAZO Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO DEL TÚNEL
CORREA DE MINERAL GRUESO PARA EL
PROYECTO QUELLAVECO,
2018 - 2021.”**

TESIS

Presentada por:

Bach. Jorge Luis Pari Choque

Para optar al Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

TACNA – PERÚ
2022

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN


Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

TRAZO Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO DEL TÚNEL CORREA DE MINERAL GRUESO PARA EL PROYECTO QUELLAVECO, 2018 - 2021

Tesis profesional sustentada y aprobada el 21 de noviembre de 2022;
estando el jurado calificador integrado por:

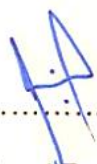
PRESIDENTE



.....

Dr. Dante Ulises Morales Cabrera


SECRETARIO



.....

Dr. Julio Miguel Fernández Prado

VOCAL



.....

Dr. Jorge José Segura Dávila

Dedicatoria

A mis padres Casimiro y Amalia

Por brindarme convertirse en el soporte emocional y su apoyo incondicional durante todo este periodo académico, enseñándome a encarar la adversidad, ante todo con respeto y honestidad.

Agradecimiento

A mi asesor de investigación, el Dr. Edgar Faustino Taya Osorio

Por su orientación, motivación constante y por compartir sus conocimientos en los aspectos metodológicos y en la aplicación de los instrumentos, lo cual contribuyó de sobremanera a la realización del presente estudio.

A la empresa Global Mapping

Por darnos las facilidades para realizar el presente estudio de investigación.

ÍNDICE

Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I : EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Identificación y formulación del problema de investigación	5
1.2.1. Problema general	5
1.2.2. Problemas específicos	5
1.3. Justificación e importancia de la investigación	5
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo general	6
1.4.2. Objetivos específicos	6
1.5. Hipótesis	7
1.5.1. Hipótesis general	7
1.5.2. Hipótesis específicas	7
1.6. Variables	7
1.6.1. Identificación de variables	7
1.6.2. Caracterización de variables	8
1.6.3. Definición operacional de las variables	8
1.7. Limitaciones de la investigación	9
1.8. Descripción de las características de la investigación	10
1.8.1. Tipo de estudio	10
1.8.2. Nivel de investigación	10
CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO	11
2.1. Antecedentes del estudio	11

2.1.1. Antecedentes Internacionales	11
2.1.2. Antecedentes Nacionales	13
2.1.3. Antecedentes Regionales	15
2.2. Bases Teóricas	16
2.2.1. Construcción de Túneles	16
2.2.2. Trazo topográfico del Túnel	18
2.2.3. Replanteo topográfico del Túnel	18
2.3. Definición de Términos	19
CAPÍTULO III : MARCO METODOLÓGICO	21
3.1. Caracterización del diseño de investigación	21
3.2. Materiales e instrumentos	21
3.3. Población y muestra de estudio	21
3.4. Tratamiento de datos	22
CAPÍTULO IV : RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1.1 Acciones y actividades realizadas	23
4.1.2. Descripción de los resultados	24
4.2.1. Ubicación del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco	25
4.2.2. Alcance de los servicios y las instalaciones temporales	26
4.2.3. Especificación técnica de excavaciones subterráneas	27
4.2.4. Medición de convergencias en Túnel de Mineral Grueso	35
4.2.5. Procedimiento de trazo y replanteo topográfico	45
4.2.6. Diseño de Túnel de Mineral Grueso inicial y final	68
4.3. Diagnóstico	89
4.4. Planteamiento de mejoras	94
4.4.1. Estrategias Planteadas	94
4.4.2. Descripción de las Estrategias	99
4.4.3. Mejoras Obtenidas	101
4.4.4. Contraste de Hipótesis	109
4.5. Discusión de resultados	115
CONCLUSIONES	124
RECOMENDACIONES	127
REFERENCIAS	129
ANEXOS	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Definición operacional de las variables</i>	8
Tabla 2 <i>Distancia entre secciones de medición de deformación según clase de soporte - TC</i>	37
Tabla 3 <i>Valores de los límites de alerta y de intervención para el Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco</i>	39
Tabla 4 <i>Peligros y Riesgos</i>	48
Tabla 5 <i>Comparación de las características geotécnicas constructivas</i>	90
Tabla 6 <i>Descripción de las Estrategias</i>	100
Tabla 7 <i>Estadísticos Descriptivos del Desfase del Portal de Entrada - Antes de las Mejoras</i>	103
Tabla 8 <i>Estadísticos Descriptivos del Desfase del Portal de Entrada - Después de las Mejoras</i>	105
Tabla 9 <i>Estadísticos Descriptivos del Desfase del Portal de Salida - Antes de las Mejoras</i>	107
Tabla 10 <i>Estadísticos Descriptivos del Desfase del Portal de Salida - Después de las Mejoras</i>	109
Tabla 11 <i>Pruebas de normalidad</i>	112
Tabla 12 <i>Prueba no Paramétrica Rangos con Signo de Wilcoxon</i>	113
Tabla 13 <i>Pruebas de normalidad</i>	114
Tabla 14 <i>Prueba no Paramétrica Rangos con Signo de Wilcoxon</i>	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Plano de Ubicación del Túnel</i>	25
Figura 2 <i>Medición de convergencias</i>	41
Figura 3 <i>Mediciones de extremo a extremo de Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco</i>	42
Figura 4 <i>Elementos para las actividades topográficas en Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco</i>	47
Figura 5 <i>Post Proceso de Datos en Programa TCP TUNELES</i>	56
Figura 6 <i>Detalle de colocación de platina</i>	58
Figura 7 <i>Brazo Poligonal</i>	60
Figura 8 <i>Detalle de brazo de poligonal - Brazo de acero inoxidable con orificio para ingreso de varilla de 5/16 " con base de aluminio de 1/2 " y rosca de 5/8 "</i> ..	61
Figura 9 <i>Detalle del diseño de bronce - Taquete de bronce con rosca interior de 8 mm y surcos de agarre exterior para un mejor pegado con resina</i>	62
Figura 10 <i>Detalle de Tambor de acero inoxidable</i>	63
Figura 11 <i>Prisma colocado en el punto auxiliar en el interior del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco</i>	63
Figura 12 <i>Sección Típica Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco Correa Overland</i>	68
Figura 13 <i>Sección Tipo - Estocada</i>	76
Figura 14 <i>Sección de Excavación Típica - Túnel Correa Overland</i>	87
Figura 15 <i>Sección de Clase de Soporte</i>	88
Figura 16 <i>Comportamiento del Desfase del Portal de Entrada - Antes de las Mejoras</i>	102
Figura 17 <i>Comportamiento del Desfase del Portal de Entrada - Después de las Mejoras</i>	104
Figura 18 <i>Comportamiento del Desfase del Portal de Salida - Antes de las Mejoras</i>	106
Figura 19 <i>Comportamiento del Desfase del Portal de Salida - Después de las Mejoras</i>	108

RESUMEN

El objetivo que promovió la presente investigación fue: Describir las características del trazo y replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021. El diseño del estudio fue no experimental; los instrumentos usados fueron: Hoja de codificación, Guía de Entrevista y las Fichas de localización; la población estuvo compuesta por la documentación, correspondiente a los trabajos de Trazo y Replanteo Topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 – 2021. Entre los principales resultados del diagnóstico, causantes de la problemática fueron los inconvenientes con respecto al traslado de equipo, los errores de calibración del equipo (trimble), la falta de Capacitación del personal para una adecuada manipulación, las caídas del equipo, los Tribach descalibrados, un mal uso del Nivel de ingeniero (Z), los trípodes desgastados, errores humanos y ausencias, el estrés de los trabajadores. Ante tal circunstancia, se plantearon una serie de estrategias como: mejorar el traslado del equipo, optimizar el control de calibración del equipo, capacitar al personal para un mejor seguimiento de los formatos establecidos para realizar los trabajo topográficos, reducir los daños por caídas en el equipo, hacer uso exclusivo del equipo topográfico para el trabajo en el túnel, detectar a tiempo fallas en los Tribach, minimizar los posibles errores, obtener una estabilidad óptima al momento de instalar el equipo topográfico, contar con disponibilidad del personal habilitado, reducir el número de contagios por COVID e incentivar al personal.

Palabras Claves: Trazo topográfico, Replanteo topográfico, Túnel.

ABSTRACT

The objective that gave rise to the research was to describe the characteristics of the topographic layout and stakeout of the Coarse Mineral Belt Tunnel for the Quellaveco Project, 2018 - 2021. The study design was non-experimental; the instruments used were: Coding Sheet, Interview Guide and Location Sheets; the population was made up of the documentation, corresponding to the Topographic Layout and Stakeout works of the Coarse Mineral Belt Tunnel for the Quellaveco Project, 2018 – 2021. Among the main results of the diagnosis that caused the problem were the inconveniences regarding: equipment transfer, equipment calibration errors (trimble), lack of personnel training for proper handling, equipment falls, uncalibrated Tribachs, misuse of the Engineer Level (Z), worn tripods, human errors and absences, worker stress. Given this, a series of strategies were proposed: Improve the transfer of the equipment, Calibration Control of the equipment, Train personnel for a better follow-up of the formats established to carry out topographic work, Reduce damage due to falls in the equipment, Make use of exclusive of the topographic equipment for the work in the tunnel, Detect failures in the Tribach in time, Minimize possible errors, Obtain optimal stability when installing the topographic equipment, Have availability of trained and qualified personnel, Reduce the number of contagions by COVID, Incentivize staff.

Keywords: Topographic layout, Topographic stakeout, Tunnel.

INTRODUCCIÓN

Los aspectos topográficos de trazo y replanteo, son necesarios para la construcción de túneles en el área minera. Las planificaciones de los procedimientos son vitales para lograr un resultado eficiente. Sin embargo, existen diversos factores que ponen en riesgo el cumplimiento de las metas, los cuales fueron en aumento debido a la pandemia causada por el SARS-COV 2. De manera particular, en la construcción del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, durante los periodos 2018 - 2021, se pudo observar una serie de inconvenientes que afectaron considerablemente los resultados.

A pesar de esta situación, las empresas intervinientes en la construcción del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, optaron por una serie de medidas estratégicas que permitieron reducir al mínimo las fallas en el proceso.

A través de nuestra investigación se especifican las características ligadas al trazo y replanteo, las mismas que detallamos de la siguiente manera:

En el capítulo I, se identifica y formula el problema, las variables utilizadas y las limitaciones de la investigación.

En el capítulo II, se presenta el marco teórico que brinda un conjunto de conceptos necesarios para obtener una mejor idea sobre el tema; se habla de todo lo investigado anteriormente sobre las variables estudiadas y los términos más relevantes.

En el capítulo III, se describe el diseño de la investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección, procesamiento y análisis de los datos obtenidos.

En el capítulo IV, se presentan los resultados, donde se especifican los requerimientos de la empresa contratista relacionados al trazo y replanteo.

Luego se desarrolló un diagnóstico para comprender la problemática; una vez que se entendieron las razones de la problemática, se procedió a describir las estrategias planteadas y aplicadas, con las cuales se pudo mejorar la situación problemática y se obtuvo un resultado satisfactorio en cuanto al trazo y replanteo topográfico. Finalmente, se realizan las conclusiones y recomendaciones, respectivamente.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes

La minería en Latinoamérica es una de las actividades que han permitido el crecimiento económico de los países con yacimientos mineros, gracias a la producción y generación de ingresos que atrae inversión pública e inversionistas privados (Espinosa et al., 2016). Paralelamente, cada día se busca mejorar las operaciones e innovar en metodologías de trabajo, con el fin de optimizar los rendimientos, en costo y tiempos (Hergenrether, 2017).

Uno de estos cambios importantes que la actual coyuntura social amerita, es dejar de lado las obras a cielo abierto, lo cual permite incrementar la rentabilidad y la seguridad de las labores, intrínsecamente ligada al aumento de costes y riesgos durante el transporte del mineral; sin embargo, dicho túnel debe estar bien diseñado para que cumpla con su función de manera eficiente.

En el caso del trazo y replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, se ha observado que existen diferentes fallas en la construcción del túnel. Generando diferentes efectos negativos. Se amplió el cronograma de ejecución, no cumpliendo con lo solicitado por la empresa contratante. Un sobrecosto en el replanteo, que debe ser asumido por la empresa contratista. Retrasos para la instalación de la faja en el túnel, por otra contratista, entre otros. Sin embargo, a pesar de las fallas la empresa contratista debe asumir la responsabilidad y responder a las penalidades establecidas con la minera.

Se cree que esta problemática es posible debido a diferentes causas expresadas por los colaboradores y descritas en los informes, entre las principales causas resalta la pandemia causada por el SARS-CoV-2, la cual detuvo las operaciones durante algunos periodos de tiempo. Por ejemplo, el espacio donde trabaja el personal (túnel) contaba con un mínimo de gente, no se trabajó turno noche durante un largo periodo porque los trabajadores experimentaban un cambio brusco de temperatura lo cual generaba que se agripen y muchas veces sea confundido con el COVID-19; a la vez, varios trabajadores dejaron sus labores debido al miedo de contagio. Cabe resaltar que entre uno y dos meses no hubo topógrafo, lo cual afectó las diferentes actividades.

Otro aspecto relevante, a nivel técnico, fue el uso excesivo de voladura, que en algunas áreas afectó en gran medida el tamaño de la sección del túnel, generando un sobredimensionamiento en la construcción, la cual se encontraba fuera de los límites aceptados por la minera que contrata y que por lo tanto no se hace cargo. Asimismo, se avanzaba diariamente, pero dependía del tipo de roca, sin embargo, al toparse con roca tipo 4 o 5 no era posible aplicar la voladura y se generaron los retrasos.

En tercer lugar, es posible que se hayan incumplido las pautas de aseguramiento y control de calidad las cuales establecían la verificación constante de los documentos técnicos, las actividades para alertar posibles desviaciones, los datos se encuentren en los márgenes aceptables, el estado de los equipos topográficos y el registro de los mismos.

Como se ha podido observar, es necesario una revisión más exhaustiva y poder contar con un respaldo más objetivo del contexto que llevó a la contratista

a realizar un replanteo topográfico e incurrir en la pérdida de recursos. Es por tanto que, nuestro estudio de investigación busca describir las características del trazo y replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021, abriendo la posibilidad de establecer estrategias y brindar pautas para disminuir este tipo de fallas.

1.2. Identificación y Formulación del Problema de Investigación

1.2.1. Problema General

¿Cuáles son las fallas en el proceso de trazo y replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características del trazo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021?
- ¿Cuáles son las características del replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021?

1.3. Justificación e importancia de la investigación

Se justifica el trabajo en el aporte que brindará, para reducir las posibles fallas que se presenten al momento de realizar el trazo y replanteo topográfico del túnel; lo cual servirá de guía para la misma empresa y para las empresas contratistas que realizan este tipo de trabajo; así como, fuente de consulta para los estudiantes y colaboradores que busquen aprender más acerca del área de topografía en mina. Más aún en un contexto de pandemia, donde el número de colaboradores se ha visto reducido y las condiciones laborales han cambiado en

gran medida, se deben compartir diferentes estrategias para hacer más eficiente el trabajo realizado.

Esta investigación es importante, porque a nivel técnico si no se realiza un buen diseño de túnel, con las características técnicas adecuadas; se retrasaría el proceso de construcción y por lo tanto se afectaría las actividades de los diferentes trabajos planificados que se requieren para la elaboración del túnel. A la vez, esto representa un sobre costo para la empresa contratista y probablemente una pérdida de tiempo para la empresa minera contratista, afectando su productividad y la actividad de los colaboradores que dependen de ese trabajo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Reducir las fallas en el proceso de trazo y replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021 a través de una propuesta de mejora.

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir las características del trazo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021.
- Describir las características del replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

- Una propuesta de mejora permitirá reducir las fallas en el proceso de trazo y replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021.

1.5.2. Hipótesis específicas

- El trazo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021 se realizó de forma incorrecta.
- Es posible describir las características del replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021, se realizó de forma correcta.

1.6. Variables

1.6.1. Identificación de Variables

Las variables identificadas son las siguientes:

- Replanteo topográfico del túnel.
- Trazo topográfico del túnel.

1.6.2. Caracterización de variables

Tabla 1

Definición operacional de las variables

Variable	Dimensión	Indicador
Replanteo topográfico del túnel	Trabajos preliminares	- Trazo, replanteo y ubicación en campo de los portales - Replanteo de los ejes - Chequeo en conjunto - Levantamiento topográfico
	Replanteo continuo	- Puntos principales - Puntos auxiliares
	Nivelación de BM	- Nivelación geométrica - Mediciones de diferencia de elevación
Trazo topográfico del túnel	Trabajo de cuadrilla de topografía	- Marcación de los frentes - Control de alineamiento horizontal y vertical - Seccionamientos en roca - Seccionamiento en shotcrete - Poligonales en interior
	Verificación constante	- Verificación constante de los puntos de apoyo de interior túnel - Enlazado con los BM (Bench Mark) al ingreso y salida de cada túnel.
	Marcación para los servicios	- Marcación para los diferentes servicios.

Nota. Elaborado por el autor, de acuerdo a las actividades desarrolladas y planteadas en los documentos formales entre la empresa contratista y la minera.

1.6.3. Definición operacional de las variables

- Trazo topográfico del túnel

Corresponde a las actividades de trazo y alineamiento de los túneles a construir.

- Replanteo topográfico del túnel

Actividades posteriores al diseño, que consiste en plasmar en campo el diseño aprobado de los túneles.

1.7. Limitaciones de la investigación

El desarrollo de la investigación estuvo comprendido por un conjunto de procesos, algunos de esos procesos presentaron ciertas limitaciones, que se describen a continuación:

- La empresa encargada del proceso de trazo y replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, no permitió acceder a toda la información, especialmente a la información sensible como los reportes de coordinaciones entre las áreas implicadas. Sin embargo, si se tuvo acceso a la mayoría de información sobre el trazo y replanteo topográfico.
- Una segunda limitación fue que el recojo de información se hizo de forma retrospectiva, es decir, después de haber culminado con las actividades de trazo y replanteo topográfico. Lo cual no permitió el control directo de la información.
- En tercer lugar, se realizó un plan de mejora continua y se capacitó al personal para reducir las fallas y errores. Sin embargo, parte de estas actividades no fueron documentadas por la empresa. Existen documentos, donde se menciona de manera general, pero no se detalla cada acción realizada.
- En cuarto lugar, algunos hechos negativos no se registraron o documentaron. Por ejemplo, los errores cometidos por el personal y la falta de supervisión no se han reportado, a pesar que sí se ha dado.
- En quinto lugar, una limitante hallada durante la investigación es que durante la construcción no se contaba con un cargo jerárquico alto

dentro de la empresa, que permitiera tomar decisiones relevantes y poder mejorar los resultados obtenidos.

1.8. Descripción de las Características de la Investigación

1.8.1. Tipo de Estudio

Según Mejía (2005), la investigación que se pretende desarrollar es del tipo aplicada, porque su propósito es transformar la realidad del ser humano y realizar una adecuación de la misma. Es bajo esa idea que se busca minimizar las acciones que constituyen el trazo y replanteo topográfico.

1.8.2. Nivel de investigación

De acuerdo a lo indicado por Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), el nivel o alcance de la investigación será descriptivo, porque se describirán las características de las variables estudiadas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Fajardo (2018) en su tesis titulada: “Tecnología para producir información espacial en proyectos de construcción de túneles viales en Colombia”, para obtener el Título de Ingeniero Civil en la Universidad Católica de Colombia. Como objetivo del estudio estableció describir la tecnología para recojo de información espacial durante la construcción de túneles viales. Respecto a la metodología, la investigación se llevó a cabo bajo el enfoque bibliográfico, cualitativo y descriptivo-cuantitativo.

Los resultados del estudio permitieron establecer las respectivas conclusiones dentro de las cuales, se destaca que, existe poca información referente a la construcción de túneles viales en Colombia, lo cual se explica por lo reciente y el escaso estudio académico - profesional del área. Las entrevistas realizadas evidenciaron debilidades asociadas a la falta de implementación de tecnologías de punta (hardware y software) en el desarrollo de proyectos de túneles viales debido a su alto costo. Además, no se está realizando un adecuado seguimiento en las etapas de construcción y mantenimiento, lo cual representa un alto riesgo natural, social y económico asociado a la infraestructura.

Soto (2004) en su tesis titulada: “*Construcción de túneles*”, presentada para obtener el Título de Ingeniero Civil en la Universidad Austral de Chile. Como objetivo del estudio estableció estudiar detalladamente las innovaciones

tecnológicas implementadas en la construcción de túneles. No precisa mayores especificaciones referentes a la metodología de la investigación.

Los resultados del estudio permitieron establecer las respectivas conclusiones dentro de las cuales se destacan: La construcción de túneles se basan en dos factores principales la geología del terreno y los métodos de construcción, ambos profundamente vinculados a las características del terreno en el cual se ubicará el túnel. El factor geológico es determinante en la construcción del túnel, de modo que la naturaleza, resistencia y presencia de agua del terreno podría llegar a influir en el trazado definitivo del túnel, evitando comprometer la seguridad e integridad de la construcción.

Dávila (2014) en su tesis titulada: “*Construcción del túnel del Proyecto Hidroeléctrico Victoria*”, presentada para obtener el Título de Ingeniero Civil en la Universidad Central del Ecuador. Tuvo como objetivo: Determinar el proceso constructivo y resumir los rendimientos reales del Túnel de Conducción del Proyecto Hidroeléctrico “Victoria”. No precisa mayores especificaciones referentes a la metodología de la investigación.

Los resultados del estudio permitieron establecer las respectivas conclusiones dentro de las cuales se destacan: La presencia de roca de mala calidad, en las primeras etapas, requirieron de la excavación con fresadora, evitando las voladuras (así como las vibraciones y fuerzas de impacto correspondientes), previniendo futuros desprendimientos y fisuras de la roca madre. Para el segundo tramo se eligió el método combinado de fresado y voladura, el cual brinda mayor precisión de excavado, contribuyendo a no utilizar excesivos volúmenes de hormigón (gastos representativos para el contratista). La

posterior presencia de roca de calidad permitió la utilización de voladura (al 100%) en el resto de la excavación.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Mamani (2016) en su tesis titulada: “*Análisis, diseño y cálculo estructural del pique y túnel por el método de micropilotes en la sociedad minera Cerro Verde*”, presentada para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Como objetivo del estudio estableció el determinar la metodología de trabajo para el desarrollo del Túnel en concordancia con el cumplimiento de estándares medioambientales, de seguridad y de calidad dentro de los plazos establecidos para la ejecución del proyecto. No precisa mayores especificaciones referentes a la metodología de la investigación.

Los resultados del estudio permitieron establecer las respectivas conclusiones dentro de las cuales se destacan: El método de excavación implementado fue el New Austrian Tunneling Method (NATM) el cual se basa en el sostenimiento preventivo a través del “método paraguas” el cual contribuye a garantizar la estabilización del terreno a través del enfilaje de micropilotes Symmetrix P-89 en la corona del túnel, distanciados a 9,00 metros y contando con una longitud de 3,00 metros de traspale. Una vez terminadas las actividades iniciales, el área de topografía se encargará del trazo y replanteo topográfico, a través de la marcación (coordenadas y cotas de elevación) de los ejes de cada micropilote para la correspondiente perforación del enfilaje con ayuda de un Telehandler o Manlift.

Cordova y Suere (2020) desarrollaron su tesis titulada: “*Construcción del túnel Vilcapoma para el drenaje de aguas subterráneas por el nivel 1300 en la Unidad Minera San Vicente*”, presentada para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Continental. Como objetivo del estudio establecieron, analizar los resultados obtenidos durante la construcción del Túnel Vilcapoma destinado al drenaje de aguas subterráneas.

Con respecto a la metodología la investigación fue de tipo aplicada, de nivel descriptivo, manejando una muestra compuesta por el Nivel 1300 de la unidad minera San Vicente y utilizando registros e informes como instrumentos de recolección de información.

Los resultados del estudio permitieron establecer las respectivas conclusiones dentro de las cuales se destacan: Se sustenta la factibilidad del proyecto con base técnica y económica, puesto que la capacidad operativa y económica de ejecución garantiza que la explotación el flujo económico permita una recuperación de la inversión en el séptimo y octavo periodo.

Maque (2015) desarrolló su tesis titulada: “*Diseño y construcción de cámara de carga subterránea Proyecto Central Hidroeléctrica Santa Teresa Urubamba - Cusco*” presentada para obtener el Título de Profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Como objetivo del estudio estableció: Describir el diseño y construcción de una Cámara de Carga Subterránea, destinada al almacenamiento de agua, a través de técnicas de perforación y voladura de rocas. Con respecto a la metodología la investigación

fue de tipo de tipo descriptiva, de diseño experimental, en base al trabajo de gabinete para el procesamiento y análisis de la información previamente recogida con el objetivo de elaborar informes y mapas temáticos respectivos.

Los resultados del estudio permitieron establecer las respectivas conclusiones dentro de las cuales se destacan: Los mapeos geomecánicos contribuyen a la determinación de zonas que requieren sostenimientos prioritarios. La caracterización geomecánica contribuye a la continuidad del avance esperado y brindar el sostenimiento adecuado.

2.1.3. Antecedentes Regionales

Aguirre (2013) en su tesis titulada: "Gestión de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente en la construcción de la vía de acceso al yacimiento minero San Sebastián", presentada para la obtención del título de Ingeniero en Minas en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Estableció como objetivo: Analizar la implementación de la gestión SSOMA en favor de la prevención y control de riesgos, así como en la reducción de costos relacionados a accidentes e impacto ambiental. No precisa mayores especificaciones referentes a la metodología de la investigación.

Los resultados del estudio permitieron establecer las respectivas conclusiones dentro de las cuales se destacan: La actual vía de acceso es considerada como trocha vehicular, la cual tiene un impacto negativo en la vida útil de los vehículos que transitan regularmente transportando mineral no metálico. Se considera necesario que el proceso constructivo de la vía de acceso implemente la Gestión SSOMA a fin de garantizar la Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente, durante las variadas fases de la construcción.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Construcción de Túneles

La construcción de túneles, desde el punto de vista histórico, no es una estructura novedosa. Desde la antigüedad el ser humano ha hecho uso de estas estructuras partiendo de las galerías subterráneas egipcias donde se excavó a través de roca para generar accesos a las tumbas de los faraones, pasando por las edificaciones romanas para la conducción del agua y alcantarillado. En la edad media los túneles fueron utilizados como salidas de emergencia en castillos o como vías de acceso a criptas de monasterios (Elivo y Molina, 2014).

El primer uso de túneles como vías de comunicación se dio durante el periodo correspondiente al Imperio Napoleónico. Pero fue en el siglo XIX, a raíz del crecimiento de las vías ferroviarias, en que la necesidad de hacer frente a los obstáculos naturales (zona de los Alpes) fortaleció a la construcción de túneles. En la actualidad los trenes de alta velocidad, además de otras actividades productivas como la minería, promueven la adaptación de las condiciones físicas del ambiente, para la superación de los obstáculos naturales en favor del desarrollo humano - social (Elivo y Molina, 2014).

Previo a la cualquier proyección inicial sobre la construcción de un túnel, como el diseño o establecimiento de líneas generales, es necesario el reunir información referente a los aspectos físicos del proyecto.

Dentro de los estudios a realizar se deben incluir análisis topográficos del área específica, además de datos geológicos y geotécnicos de la misma. Particularmente, el desarrollo del proyecto de un túnel requiere de mayor precisión

en la información y mayor amplitud en investigación, en comparación a la mayoría de otro tipo de proyectos de construcción (Soto, 2004).

Algunos de los documentos requeridos en la construcción de un túnel incluyen: Memoria y anejos, planos, pliego de condiciones, presupuestos. Dentro de estos apartados los planos son los más relevantes para la vista topográfica. Estos documentos incluirán detalles como: planta de situación y emplazamiento, topografía y replanteo, geología y geotecnia, planta general, plantas, alzados, secciones, perfil longitudinal y detalles (Estruch & Tapia, 2003).

Posterior a la conclusión de los cálculos situacionales, se da paso a la señalización de los puntos principales o elementales, dentro de los cuales se localizarían los puntos vinculados al proceso constructivo (Elivo y Molina, 2014). Antes de llevar a cabo el trazo y replanteo topográfico de túneles es necesario considerar algunos puntos:

- Verificación del estado actual y operatividad de los equipos (certificación de calibración).
- Verificación (contraste) de equipos de forma periódica (cada dos semanas) a fin de garantizar una adecuada verificación y validación de ambas partes interesadas (contratista y empresa ejecutora).
- Tener conocimiento del procedimiento, Análisis de Seguridad en el Trabajo (JSA, por sus siglas en inglés), y la matriz IPERC (Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Medidas de Control) de Trazo y Replanteo Topográfico.
- Asegurarse que todo el personal tenga pleno conocimiento de las actividades a desarrollar, de los planos y las especificaciones técnicas.

- Garantizar el acceso y utilización del EPP para todo el personal.
- Garantizar que los trabajadores reciban la charla de 5 minutos antes del inicio de la jornada.
- Elaborar el Análisis de Trabajo Seguro (ATS).

2.2.2. Trazo Topográfico del Túnel

El caso de los túneles, el trazo se realizará acorde a la ordenación topográfica y la utilidad o uso asociado al mismo túnel. La determinación de las características asociadas a los puntos antes mencionados, y la precisión de los mismos, contribuirá a delimitar de mejor manera el trazado en cuanto a referencias como la pendiente, el radio de las curvas, entre otros (Fajardo, 2018).

El trazo de un túnel ha de tomar en cuenta una serie de consideraciones elementales relacionadas al ambiente. Es el caso de túneles de autopistas donde las condiciones de luz interna, externa y el contraste de la misma para el conductor (en la salida y entrada) debe de contemplarse (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2016).

2.2.3. Replanteo Topográfico del Túnel

Según Mamani (2016), el replanteo topográfico se realiza en base a la información topográfica y los planos actualizados, los mismos que hacen posible el llevar a cabo las siguientes acciones:

- Replanteo de ejes y áreas de perforación.
- Posicionamiento de puntos de control.
- Colocación de puntos de inicio.
- Colocación de niveles iniciales.

Antiguamente el replanteo se realizaba a través de la utilización de herramientas como el goniómetro y el teodolito (usualmente orientados al trabajo topográfico en minería), pero el avance tecnológico ha facilitado el acceso a instrumentos modernos como las estaciones totales normales o estaciones totales de alta precisión, las cuales son parte de las actividades de observación y replanteo (Salinas, 2017).

El acceso a estas herramientas facilita, en teoría, las acciones topográficas. Sin embargo, en la práctica, suelen suscitarse variadas situaciones adversas que complican las mediciones pertinentes como, por ejemplo: la estrechez de las galerías, fluidez en el tránsito/uso de los túneles como vías de transporte, movimiento por trabajo de maquinaria, espacio ocupado por los componentes de la tuneladora, entre otros (Salinas, 2017).

2.3. Definición de Términos

Accesos: Labores mineras subterráneas que comunican el cuerpo mineralizado con la superficie, para facilitar su explotación. Los accesos pueden ser: 1. Túneles de acceso (o socavones). 2. Chimeneas. 3. Rampas (o inclinados) (Ministerio de Energía y Minas de Colombia, 2015).

Perforación: Acción o proceso de elaborar un orificio circular con un taladro (perforadora) manual o mecánico (eléctrico o hidráulico). Apertura de galerías o cámaras de explotación con el uso de cualquier clase de equipo (neumático o mecánico) (Ministerio de Energía y Minas de Colombia, 2015).

Proceso: es un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados (Chase et al., 2010).

Túnel: Vía subterránea abierta artificialmente para el paso de personas y vehículos (RAE, 2021).

Voladura: Ignición de una carga masiva de explosivos. El proceso de voladura comprende el cargue de los huecos hechos en la perforación, con una sustancia explosiva, que al entrar en acción origina una onda de choque y, mediante una reacción, libera gases a una alta presión y temperatura de una forma substancialmente instantánea, para arrancar, fracturar o remover una cantidad de material según los parámetros de diseño de la voladura misma.

Voladura controlada: Patrones y secuencias de voladura diseñados para mejorar un objetivo particular. Voladura en la cual cada hoyo es detonado en una secuencia progresiva para reducir las vibraciones y la dirección de proyección. Voladura donde los hoyos son cargados a la vez, pero son detonados en sucesivas voladuras en días separados.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Caracterización del diseño de investigación

El diseño del estudio fue no experimental, debido a que las variables no son conducidas en ningún momento y sólo se realizó la observación de las mismas en su ambiente natural (Hernández y Mendoza, 2018).

3.2. Materiales e instrumentos

De acuerdo a Ñaupas et al. (2019) existen una serie de instrumentos los cuales se especifican a continuación.

- Hoja de codificación: Donde se vaciará la información del trazo y replanteado topográfico del túnel, en una matriz de datos previamente elaborada.
- Guía de entrevista: A través de la cual se recogerá información por parte de los jefes de área, para tener un mayor conocimiento sobre las variables en estudio y poder hacer una propuesta en concordancia con el diagnóstico.
- Fichas de localización: Permitirán reconocer la información teórica sobre las variables.

3.3. Población y muestra de estudio

Compuesta por la documentación, correspondiente a los trabajos de trazo y replanteo topográfico del túnel correa de mineral grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021.

No se realizará muestreo alguno, porque se trabajará con toda la información que la empresa lo permita.

3.4. Tratamiento de datos

Para el manejo de la información se utilizó el software para el procesamiento de datos como Microsoft Excel para el vaciado de la información; luego se usó el software IBM SPSS para el procesamiento de la data y poder convertirla en información relevante.

Para la descripción de los datos obtenidos, se utilizó la estadística descriptiva, de donde se obtuvieron las tablas de frecuencia, estadísticos de tendencia central y de desviación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Procedimientos metodológicos aplicados

4.1.1 Acciones y Actividades Realizadas

Para el desarrollo de la tesis, se realizaron los siguientes procedimientos:

- Se coordinó con los colaboradores encargados del trazo y replanteo para el Proyecto Quellaveco.
- Se solicitó el permiso para acceder a la información de las áreas vinculadas directamente con el diseño y replanteo topográfico del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco.
- Se accedió a la información correspondiente al diseño del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco y el replanteo topográfico realizado.
- Se realizaron entrevistas con los colaboradores que tenían disposición para participar de la investigación.
- Se redactó el informe de tesis, según la información recopilada y la revisión del asesor de tesis, comisión de grados y jurados dictaminadores de la tesis.

4.1.2. Descripción de los resultados

La descripción de los resultados obtenidos, está de acuerdo a las normas de redacción de la Séptima Edición de las Asociación Americana de Psicología [APA], a la vez, se siguen los procesos del método científico.

Los resultados se presentarán en el siguiente orden:

A. Descripción de los requerimientos establecidos para los procedimientos de trazo y replanteo topográfico del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco.

La empresa contratista estableció una serie de criterios técnicos requeridos para la construcción del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, control de riesgos y responsabilidades de las empresas intervinientes.

B. Elaboración del diagnóstico de los procedimientos de trazo y replanteo topográfico del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco
Para ello, se utilizó la información recopilada a través de la hoja de codificación y las entrevistas con los colaboradores. El uso de estos dos instrumentos, permitieron contar con información de carácter cuantitativo y cualitativo.

C. Planteamiento de mejoras

Ante los resultados del diagnóstico, se planteó una serie de medidas que fueron ejecutadas con la finalidad de mejorar el proceso de trazo y replanteo topográfico, en función del equipo Estación total S5.

D. Reducción de las fallas en el proceso de trazo y replanteo topográfico del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco.

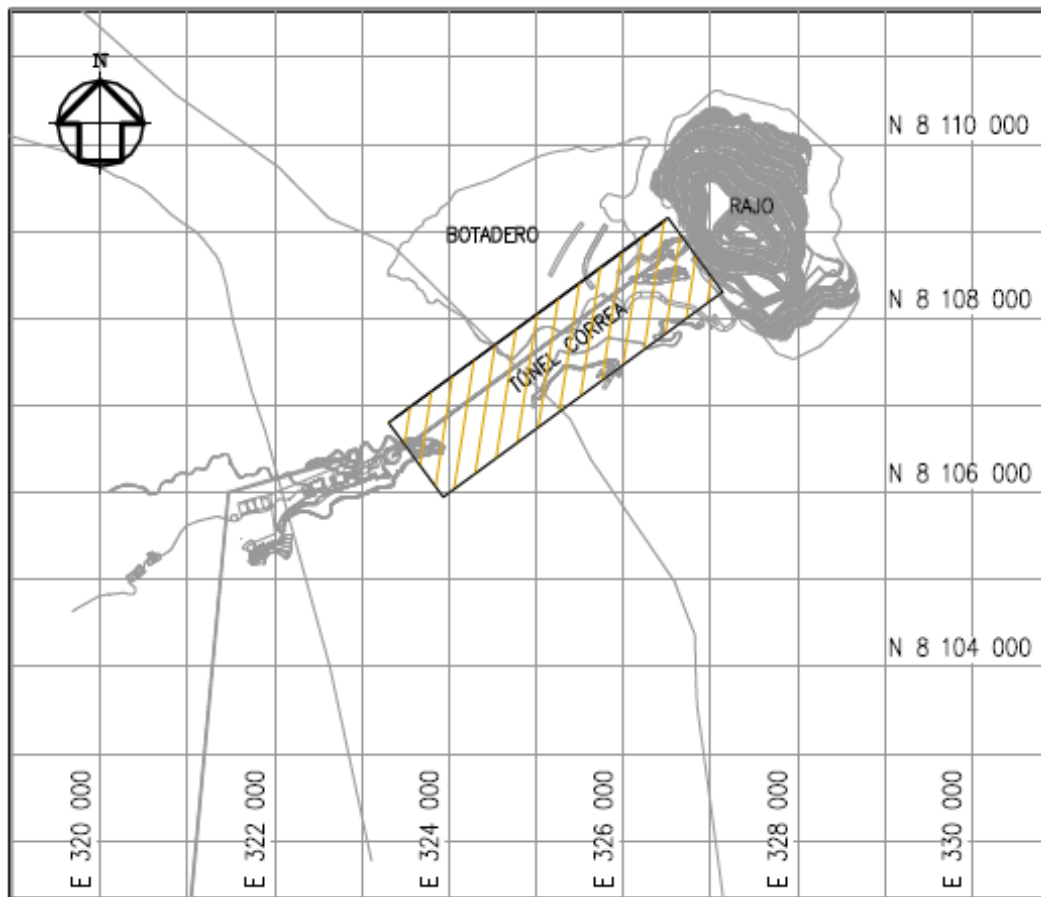
Se realiza una descripción de las mejoras obtenidas, luego de las mejoras en el proceso de trazo y replanteo topográfico. Con ayuda de la información cuantitativa, se pudo medir el resultado, al contrastar los resultados iniciales y resultados finales, luego de los cambios realizados.

4.2. Requerimientos de la Empresa Contratista

4.2.1. Ubicación del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco

Figura 1

Plano de Ubicación del Túnel



Nota : Imagen referencial.

Se construyó el Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco debido a la accesibilidad y diseño. Se observa en la Figura 1 el tajo, el túnel y la planta concentradora.

4.2.2. Alcance de los servicios y las instalaciones temporales

Se muestran los alcances de los servicios para la construcción – Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco.

Puntos de Referencia PR Topográficos.

PR Topográficos por la Compañía.

La compañía proporcionará los puntos de referencia principales (PR's) con sus respectivos monumentos para la fijación de la obra, que estarán establecidos en el lugar de trabajo y que estarán ligados a la red geodésica del proyecto.

PR Topográficos por el Contratista.

- El contratista deberá materializar y conservar los puntos de referencia auxiliares que estime necesarios para la ejecución de sus trabajos a partir de los puntos de referencia principales, los cuales serán ejecutados por el contratista a su costo y deberán ser aprobados por la compañía.
- El contratista es responsable de toda la topografía, trazado y control de su trabajo utilizando como punto de referencia los PR's identificados por la compañía.
- El contratista será el responsable de conservar y velar que los monumentos de los puntos de referencia que le sean entregados estén debidamente protegidos, cuidando que no sean dañados ni

deteriorados, tomando todas las previsiones para su cuidado, ya sea colocando un cerco o barrera a su alrededor y será responsable por el costo de su reposición y por cualquier error o atraso derivado de su destrucción.

- Los monumentos y PR's permanentes que deban ser removidos o intervenidos deberán protegerse hasta poder ser referenciados para su reubicación. El contratista proporcionará los materiales y la asistencia necesaria para la reubicación de monumentos y PR's.

4.2.3. Especificación Técnica de Excavaciones Subterráneas

Se describen las especificaciones técnicas de las excavaciones subterráneas de ingeniería de detalle del sistema de disposición de relaves y Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 127,5 KTP.

Introducción.

Minera Anglo American Quellaveco S.A. (AAQSA) está desarrollando el proyecto Quellaveco, el que corresponde a la explotación del yacimiento de cobre del mismo nombre, y las instalaciones necesarias para procesar un tonelaje nominal de 127,500 tpd de mineral. El yacimiento se encuentra ubicado en el cauce del río Asana, a 37 km al noreste de la ciudad de Moquegua, departamento de Moquegua, en el sur de Perú, a una elevación entre los 3,500 a 4,000 m.s.n.m. Las principales instalaciones del proceso, además del tajo de la mina y el chancador primario, son la planta de beneficio en la quebrada Papujune y la relavera en la quebrada Cortadera ubicada aproximadamente a 8 km al sur de la planta en Papujune.

El proyecto considera la construcción de 4 túneles, tanto en el área mina (WBS 2000) y en el área de la relavera (WBS 4000). Dentro del área mina, se emplaza el túnel Correa Overland que une la zona del chancado primario con la planta de beneficios Papujune, permitiendo el transporte de mineral grueso a zona de acopio (stockpile). Para la disposición y manejo de relaves y recuperación se proyectan 2 túneles de relaves, denominados túnel Salveani-Capillune y Capillune Cortadera, que unen las respectivas quebradas, que dan cabida la canaleta de relaves y a la tubería de 36" que permite recircular el agua recuperada en la relavera a la planta de procesos.

Alcance.

El alcance de estas especificaciones incluye las excavaciones subterráneas de los túneles de relaves Salveani-Capillune y Capillune - Cortadera y el túnel Correa Overland. En el caso de que existan discrepancias entre estas especificaciones técnicas y las notas indicadas en los planos del proyecto, prevalecerán estas últimas.

Objetivo.

El objetivo de esta especificación técnica es establecer los requerimientos mínimos, procedimientos y/o criterios para la ejecución de los trabajos de todas las excavaciones subterráneas necesarias para la construcción de los túneles y sus obras anexa.

Condiciones Generales.

Los siguientes términos definirán lo indicado, salvo indicación contraria:

- Propietario: Anglo American Quellaveco S.A.
- El contratista: Empresa encargada de ejecutar los trabajos cubiertos por esta especificación.
- Supervisión: Es la encargada de supervisar los trabajos desarrollados por el contratista designado por el propietario, para que lo represente en el seguimiento y control de la obra.
- Sostenimiento y/o fortificación de roca: Incluye todo trabajo de refuerzo de la roca para estabilizar temporal o permanentemente la superficie rocosa de excavaciones subterráneas y cortes abiertos.
- Planos: Corresponde a los documentos que incluyen el diseño, indicando su ubicación, formas y medidas permitiendo un juicio completo de la obra a realizar, a una escala conveniente para su correcta interpretación.
- Roca: es una formación sólida la cual puede ser removida solo por: perforación y voladura, taladrando o quebrando, o por algún otro método reconocido para excavación de roca.
- Sobre-Excavación Normal: es definida como aquella excavación adicional, que sobrepase hasta en 20 cm la línea o contorno de excavación teórica, medidos perpendicularmente a ella, definida en los planos de proyecto.
- Sobre-Excavación Excesiva: "Sobre-Excavación Excesiva", es definida como aquella excavación adicional de roca más allá de los 20 cm, medidos perpendicularmente de la línea o contorno teórico de excavación, no causado por mala calidad de terreno no previsto, pero si

causada por una deficiente perforación y/o voladura. La designación de sobre-excavación excesiva será efectuada por la supervisión.

Normas y Manuales. En lo que corresponda se aplicarán los siguientes reglamentos y/o Normas:

- Reglamento de seguridad e higiene minera D.S.N° 055-2010-EM.
- Manual HSEC, y otros códigos y normas del propietario, aplicables al proyecto.
- Sociedad Americana de Normas de Ensayos y Materiales (ASTM).
- American Concrete Institute (ACI): "Building Code Requirements for Reinforced Concrete".
- NTP normas y especificaciones técnicas peruanas aplicables al proyecto, especialmente las normas relacionadas con excavaciones subterráneas.
- Norma UBC 97.
- Norma, NTE E.030 - 2006. Norma Técnica de Edificación - Diseño Sismorresistente - Perú.
- Norma, NTE E.020 - 2006. Norma Técnica de Edificación - Cargas - Perú.
- Normas de materiales INTINTEC aplicables a proyectos Obras Subterráneas.
- República del Perú. D.S N°55-2010-EM: "Reglamento de Seguridad y Salud en el trabajo.

Método de trabajo. El contratista deberá preparar planes, en los cuales establezca y programe actividades que le aseguren que sus procesos, productos o servicios cumplan con los requerimientos y especificaciones que se indica: Plan y control de calidad de monitoreo topográfico, control de secciones, alineamiento, verificación de puntos de control del túnel.

Otros Aspectos no Mencionados. Están dentro del documento, pero no están vinculados directamente con los aspectos topográficos:

- Métodos de excavación.
- Excavación de superficie.
- Excavación subterránea.
- Perforación y voladura.
- Carguío y transporte.
- Servicios.
- Conservación de las excavaciones.
- Hormigones.
- Perforaciones de drenaje e inyecciones.

Específicamente sobre los Aspectos Topográficos.

Generalidades de la Topografía.

El proyecto cuenta con información topográfica escala 1:1000, proyección UTM con referencia local, preparado por Global Mapping, la cual será proporcionada por AAQSA al contratista. Sin desmedro de lo anterior, antes de comenzar las obras, AAQSA, proporcionará al contratista dos puntos de triangulación ubicados a la vista en el área de acceso a cada túnel. Estos puntos

deberán ser chequeados por el contratista, comprobando mediante una triangulación cerrada la precisión de todos los puntos en el túnel.

El Contratista cada 3 meses como máximo en forma periódica, deberá efectuar una validación de los puntos de triangulación y los puntos de control dentro del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, para llevar un correcto alineamiento y cotas del proyecto, los resultados de esta validación, deberá ser informado a la supervisión.

El Contratista es responsable por la precisión y exactitud de su trabajo. Deberá proveer a su costo estacas, planchas, miras, instrumentos calibrados y cualquier otro material que se precise, al igual que toda la mano de obra calificada para replantear los trabajos cada vez que lo solicite la supervisión. Adicionalmente, el contratista deberá ejecutar las secciones topográficas cada 1 m.

El contratista deberá presentar informes de levantamientos e instalaciones topográficas para el control y aprobación. Sin embargo, los controles efectuados por la supervisión no relevarán al contratista de su responsabilidad de efectuar con precisión los trabajos subterráneos, en lo referente a posición y dimensiones.

Por otra parte, el contratista deberá dar todas las facilidades y tiempo necesario a la supervisión de manera que ella pueda efectuar los chequeos, revisiones y validaciones de las topografías del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco.

Alineamiento del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco.

Para los túneles, no se admitirá desviación tanto del eje real del túnel como de su inclinación, en relación al eje teórico, más allá de 0,008%. Se debe utilizar instrumentos de última tecnología para el control continuo del alineamiento e inclinación longitudinal del túnel.

En caso de que el túnel presente desviaciones el contratista deberá excavar, a su costo, aquella parte de la masa rocosa que haya quedado incluida dentro de la línea teórica de excavación. El sostenimiento adicional que fuere necesario colocar lo definirá la supervisión y su costo será de cargo del contratista.

Puntos de Referencia.

El contratista deberá realizar todos los trabajos topográficos y de controles necesarios para mantener el rumbo y pendiente especificados para la construcción de los túneles.

Todos los puntos fijos, de referencia y topografía establecidos por el contratista serán firmemente materializados, bien protegidos y claramente marcados en sus posiciones. Con este propósito, y a su costo, cada vez que la supervisión lo ordene, pero sólo por el tiempo estrictamente necesario, deberá: exponer puntos cubiertos; retirar equipos o maquinaria de las visuales; detener trabajos de construcción, perforación, desmonte y cualquier otra operación cerca de los instrumentos o visuales; proveer ventilación, iluminación y bombeo de agua cuando se precise para los levantamientos de control; remover obstáculos y nivelar el terreno para facilitar los trabajos de topografía según ordene la

supervisión; y reinstalar adecuadamente los puntos topográficos perdidos que se requieran.

El contratista deberá proveer e instalar un número de puntos topográficos y de referencia que deberán dejarse como futuros puntos de referencia. Podrá instalar estos puntos según avance el trabajo para usarlos como referencia durante el período de construcción.

Los puntos permanentes de topografía y de referencia se harán de acero inoxidable y firmemente anclados a la roca sólida o a estructuras de concreto, con pernos cementados. Se instalará al costado del punto una plancha de acero inoxidable o bronce donde se grabará toda la información necesaria referente a las características topográficas del punto.

Deberán instalarse al menos los siguientes puntos y planchas como se indica:

- Uno en cada portal de túnel, y ventanas si las hubiera.
- Uno cada 50 m en túnel, y ventanas si las hubiera.
- Uno en cada intersección de estocadas o labores que interceptan con el túnel, uno al comienzo y fin de curva.
- La ubicación exacta y detalles de instalación será indicada por la supervisión.

Informe Diario. El contratista deberá llevar un registro detallado de las operaciones relativas a la excavación y construcción de los túneles y deberá entregar diariamente a la supervisión un informe con las actividades del día anterior incluyendo la siguiente información básica: controles topográficos.

4.2.4. Medición de convergencias en Túnel de Mineral Grueso

Definiciones.

Monitoreo o Medición de convergencias.

Proceso de medición de la deformación radial del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, expresada en términos de la convergencia diametral y el asentamiento en la clave, que permite evaluar la estabilidad de la sección en términos de deformaciones, comparando los valores medidos, con las deformaciones obtenidas del modelamiento geotécnico.

Deformación Visible del Sostenimiento.

Las deformaciones visibles corresponden a las deformaciones radiales que se producen desde el frente hasta la distancia en la cual se produce el equilibrio entre el macizo rocoso y el soporte. Vale decir, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Deformación Visible} = \text{Deformación total (X equilibrio)} - \text{Deformación en la frente (X = 0)} \dots\dots \text{(Fórmula 1)}$$

Cinta Extensométrica o de Convergencia.

Instrumento de medición mecánica que permite medir las variaciones de distancia entre dos puntos fijos, en una misma sección transversal del túnel, estos puntos fijos se materializan en el perímetro de la excavación a través de pernos embebidos en la roca cuyo extremo tiene una argolla de manera de anclar a ella la cinta.

Puntos de Medición.

Los puntos de medición son pernos rosca de 22 mm, cementados con una longitud mínima dentro de la roca de 40 cm, sobresaliendo 10 cm sobre la cara libre del perímetro, equipados con argollas para anclar la cinta extensométrica. Las mismas que se colocarán directamente en la roca, para obtener un contacto directo con el terreno.

Sección o Estación de Convergencia.

Se define como la sección de convergencia conformada por 5 o 3 puntos de medición colocados en la parte alta de la bóveda y en los hastiales.

La Distancia entre Secciones de Medición de Deformación.

Es el espaciamiento que existe entre las secciones o estaciones de convergencias instaladas y se adaptará según las condiciones de deformación observadas, y además dependerá de la clase de roca encontrada. En general, deformaciones importantes o un aumento rápido de las mismas provoca un acercamiento de los puntos de medida.

Las distancias entre secciones de medición de deformación se encuentran resumidos en la tabla 2.

Tabla 2

Distancia entre secciones de medición de deformación según clase de soporte - TC

Clase de Soporte	Distancia Máxima
Clase de Soporte I y II	100 m (*)
Clase de Soporte III	50 m
Clase de Sostenimiento IV.1, IV.2	20 m
Clase de Sostenimiento V.1, V.2	10 m
Clase de Sostenimiento VI.1, VI.2	5 m

Nota. (*) Monitoreo eventual a definir por la supervisión.

Frecuencia de medición.

Se define como la repetida toma de mediciones en una sección de convergencia instalada. La frecuencia dependerá de la variación de la tasa de deformación.

La frecuencia de las medidas se desarrollará según lo siguiente:

- A. Medida inicial inmediatamente después de la instalación de la sección (“punto cero”).
- B. Medida diaria hasta que la tasa de deformación disminuya.
- C. Medida semanal hasta que se logre la estabilidad de la sección.
- D. Medida mensual hasta el fin de la obra.

Gráfica de la curva de tiempo y velocidad de deformación.

Se define al gráfico formulado resultante de los datos tomado en campo y procesados en gabinete.

Límites de Alerta y de Intervención.

Como resultado del análisis de deformaciones realizado para cada clase de roca, se definen las deformaciones “límite de alerta” y “límite de intervención”, calculados como un porcentaje de la deformación máximo visible, tanto vertical como horizontal, de acuerdo con el siguiente criterio:

- Límite de alerta = 80% de la deformación visible
- Límite de intervención = 120% de la deformación visible

Donde, la deformación visible se define como:

Deformación visible =
deformación equilibrio – deformación en el frente.....(Fórmula 2)

Nota: la medición de la temperatura se realizará en cada medición o sección de medición, considerando que la temperatura no es constante.

Los valores de los límites de alerta y de intervención para el Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco se encuentran resumidos en la siguiente tabla 3.

Tabla 3

Valores de los límites de alerta y de intervención para el Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco

Categoría de Soporte	Tipo de Monitoreo	Deformación Vertical en la Clave		Convergencia Horizontal	
		Límite de Alerta (mm)	Límite de Intervención (mm)	Límite de Alerta (mm)	Límite de Intervención (mm)
Clase I y II	Perno de Convergencia (PC)	7	11	19	29
Clase III	Perno de Convergencia (PC)	7	11	19	29
Clase IV.1	Perno de Convergencia (PC)	7	11	19	29
Clase IV.2	Perno de Convergencia (PC)	13	20	36	54
Clase V.1	Perno de Convergencia (PC)	10	14	32	48
Clase V.2	Perno de Convergencia (PC)	20	30	83	124
Clase VI.1	Perno de Convergencia (PC)	11	17	58	87
Clase VI.2	Perno de Convergencia (PC)	25	37	83	125

Fuente : Consorcio GYM OSSA

Personal - topógrafo. Debe realizar las siguientes funciones:

- Encargado de la toma de medidas a los puntos de las estaciones de convergencias instaladas.
- Llevar el control y cronograma de medición para realizar de manera oportuna las mediciones.

- Encargado de realizar el marcado de la estación de convergencias en la separación y progresiva correspondiente, teniendo en cuenta el tipo de roca.
- Controlar la conservación y reportar de manera inmediata alguna deformación o eliminación de los puntos de convergencias instalados.

Procedimiento.

Desplazamiento al Frente de Excavación.

- Con el jefe de guardia, capataz o el responsable del ingreso al Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, coordinar y registrar el ingreso al Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco.
- De no contar con movilidad, desplazarse hasta el frente de trabajo por las áreas asignadas,
- Respetar los controles y señalización en el interior del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, realizar la segregación hombre - máquina.
- De contar con movilidad, respetar los límites de velocidad y autorización de traslado en el interior Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco.
- Respetar los controles y señalización en el interior del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, realizar la segregación máquina - máquina.
- Coordinar con el responsable del frente o capataz, el ingreso al área de trabajo.

- Inspeccionar el área de trabajo.

Medición de Convergencias.

- Una vez instalados los puntos de convergencias en la sección del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, se realizará una medición de origen, medición que será verificada y coordinada por global mapping.
- Se estacionará en la parte central del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco (eje de túnel) con el equipo de estación total para la primera toma de origen y en las próximas lecturas.

Figura 2

Medición de convergencias



Fuente: Elaboración propia.

Las mediciones de realizarán de extremo a extremo de Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco y en los puntos instalados, registrándose las lecturas para su posterior interpretación.

Figura 3

Mediciones de extremo a extremo de Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco



Fuente: Elaboración propia.

- Los datos tomados serán:
 - A. Fecha y hora de la medición de convergencia, la temperatura ambiente.
 - B. Progresiva de la convergencia o sección a medir (puntos medidos)
 - C. Tipo de roca y sostenimiento aplicado en la sección
 - D. Longitud del frente excavado y los puntos de convergencias medidos.

- De esta manera repetir la medición en los siguientes puntos de la sección, de acuerdo con el gráfico que se encuentra en el formato.

- Para la medición con estación total, se tomarán las mismas secuencias de medida según el formato adjunto.

- Para la medición con estación total, se reemplazarán las argollas por dianas reflectivas para la medición con estación total.
- La ubicación y distancia de las secciones de convergencias, dependerá de la calidad del macizo rocoso y en donde se ha observado cruces de fallas, sectores inestables vistos durante la excavación; además de las recomendaciones de la supervisión.
- Para las siguientes medidas y la frecuencia (descrita en mediciones “frecuencia de mediciones”), se tendrá en cuenta lo indicado en el informe de monitoreo geotécnico del proyecto, para el Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco.
- Los registros de los datos serán procesados en gabinete en los formatos de medición de convergencias, para presentación y firma por parte del supervisor. Se adjunta el formato de medición.
- Se informará al supervisor de existir un desplazamiento que involucre la estabilidad del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco para tomar de acción inmediata, las correcciones y alternativas pertinentes de estabilización.
- Se colocarán los nuevos diseños de pernos de convergencias con la finalidad de disminuir la afección o rotura por las proyecciones de roca, evitando los cambios de lecturas generando de esta manera una mala interpretación. La estación más cercana al frente se instalará de acuerdo con las EETT del diseñador, el que indica, en la zona sin marco se colocará a 1,5 m del frente de excavación y en la zona con marcos entre el marco 1er y 2do marco instalado por detrás del frente de excavación.

- Se llevará un registro de las convergencias instaladas y medidas, para su interpretación e información a la supervisión.
- Para la presentación de los formatos de medición de convergencia, se realizará de manera diaria o de acuerdo con la frecuencia de medidas programada, obteniendo la evolución de la gráfica e interpretación.

Consideraciones de Seguridad Durante el Trabajo.

- Delimitar el área de trabajo y completa comunicación con el operador del telehandler (de ser el caso de moverse).
- Usar los elementos de protección personal necesarios de acuerdo con los riesgos identificados.
- Utilizar las herramientas adecuadas para el trabajo que se va a realizar, sin improvisar.
- Asegurar que las herramientas y equipos en general se encuentran en buen estado.
- En caso de ocurrencia de algún incidente y/o accidente, avisar inmediatamente a su jefe directo.
- Queda absolutamente prohibido hacer bromas o que se produzcan peleas durante la permanencia en el área de trabajo y obra.
- Mantener el orden y limpieza del lugar de trabajo.
- Tener cuidado, al transitar por zonas donde existan desniveles. En caso de existir peligro de rodadura se implementarán sistemas de seguridad para trabajos en altura.
- Siempre se transitará por el área demarcada en la zona de trabajo.

- Se debe procurar la comunicación constante mediante radio con el personal de piso y cuadrilla de topografía.

Buenas Prácticas.

- Tener todos los equipos de medición de convergencia operativos y calibrados para minimizar los errores de trazado y replanteo.
- Verificar el funcionamiento de los equipos en campo, una vez llegados al proyecto requerir copia de los certificados de calibración respectivos.
- Antes y durante el desarrollo del presente procedimiento, se deberá coordinar con el área de SSOMA la revisión del correcto llenado del ATS (Análisis de Trabajo Seguros) y el permiso de trabajo en altura, si se diese el caso, con la finalidad de preservar las condiciones seguras de las mismas.
- Verificar la vigencia de los certificados de calibración de la cinta de convergencia y coordinar la comprobación de calibración en el taller de acuerdo al procedimiento “Calibración en taller equipos de precisión”, el que determina una medición mensual de comprobación de la cinta de convergencia.
- Comunicar a su jefe inmediato la fecha de caducidad de los certificados con un mes de anticipación.

4.2.5. Procedimiento de trazo y replanteo topográfico

Se muestra el proceso de trazo y replanteo topográfico en el Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco.

Objetivos.

Describir en forma detallada y secuencial las actividades relacionadas a los trabajos de trazo y replanteo topográfico a ser desarrollados, con la finalidad de implementar medidas de control para salvaguardar la salud e integridad de las personas, proteger el ambiente y asegurar la calidad de los trabajos ejecutados.

Alcance.

El presente procedimiento es aplicable a todo el personal que de manera directa o indirecta participe en las actividades de trazo y replanteo topográfico a realizar.

Documentación de Referencia. (Ver nexos 6)

Procedimientos e Instructivos

Instructivo para trabajos en turno noche

Equipos, Herramientas Y Materiales.

Equipos y Herramientas.

- Estación total TRIMBLE (2" de precisión).
- Nivel automático (+- 3 mm / km).
- Trípode de madera y/o aluminio.
- Mira telescópica de aluminio.
- Prisma circular + porta prisma y tarjeta.
- 02 Tribach con plomada óptica.
- Mini prisma.

- Bronces para puntos de apoyo brazos poligonal.
- Pernos expansores.
- Brazo poligonal.
- Adaptador para prisma.

Figura 4

Elementos para las actividades topográficas en Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco.



Fuente: Elaboración propia.

Materiales:

- Pintura en spray.
- Pintura esmalte al agua.
- Cinta métrica de 50m.
- Wincha de 5,0m.
- Brocha.
- Tubo telescópico de aluminio de 4,5 mts. de longitud.

Equipos de Protección Individual.

- Casco de seguridad.
- Lentes de seguridad con ANSIZ87.1
- Guantes de cuero y/o badana.
- Botas de jebe caña alta tipo pescador.
- Zapatos de seguridad con punta de acero, planta antideslizante.
- Chaleco con cinta reflectante.
- Uniforme drill con cinta reflectante.
- Respirador.
- Auto rescatador.
- Lámparas mineras.

Peligros y Riesgos. Se describen en la tabla.

Tabla 4

Peligros y Riesgos

Secuencia de trabajo	Probables consecuencias o impactos	Medidas de control
Inspección de herramientas y equipos	Caídas de equipos, golpes y daños a personal y/o equipos. Descarga eléctrica hacia el personal.	La zona de inspección de equipos será en plataforma estable. La manipulación de los equipos se realiza de acuerdo al manual del usuario y será operado por personal autorizado. Se verificarán que todos los componentes de los equipos topográficos estén en óptimas condiciones.
Traslado de personal, equipos y herramientas hacia el punto de trabajo asignada	Caídas igual o distinto nivel. Atropellos, atrapamientos o golpes por equipo. Caída de materiales y equipos.	La movilización del personal será en camioneta o minibús, siguiendo los planes de circulación aprobados por SMI. Todo el personal a movilizar dentro del vehículo, utilizará el cinturón de seguridad de acuerdo lo indicado en la Guía Técnica Vial Los equipos de topografía se movilizarán de un punto a otro en una caja de resguardo, la misma que debe estar instalada en el vehículo asignado. Respetar accesos habilitados y la señalización de los accesos peatonales.

Secuencia de trabajo	Probables consecuencias o impactos	Medidas de control
Instalación de la estación total y nivel automático	Tropiezos y caídas a nivel. Shock eléctrico. Atropellos. Atrapamiento. Sobreesfuerzo por manejo de materiales, herramientas, equipos y/o malas posturas de trabajo.	Uso de EPP. Aplicar conceptos de manejo defensivo. Ordenar el área antes de comenzar los trabajos. Uso de los tres puntos de apoyo al desplazarse y al subir o bajar de los vehículos de transporte de personal. Trabajar en equipo y coordinar todas las actividades a realizar. Habilitar y señalizar accesos para tránsito de personal hacia la zona de instalación de la estación total. Conocimiento y coordinación de la secuencia de las actividades. Uso de EPP requerido de acuerdo a la actividad. Manejo correcto de herramientas. Realizar movimientos y posturas ergonómicas.
Levantamiento topográfico de áreas de trabajo	Tropiezos y caídas a nivel. Caídas a distinto nivel. Golpes con herramientas. Intoxicación con pintura en spray o pintura esmalte.	Verificar e inspeccionar el área de trabajo y señalizar las zonas a levantar. Uso de EPP específico para la manipulación y aplicación de la pintura en spray o pintura en esmalte. Inspección de herramientas previo al inicio de las actividades.
Abandono del área de trabajo.	Caídas a nivel y materiales que obstruyen el tránsito normal.	Orden y limpieza en el área de trabajo. Tránsito peatonal por los accesos definidos.

Fuente : Consorcio GYM OSSA.

Medidas Generales de Seguridad.

- A todo el personal que ingrese a realizar maniobras y/o trabajos dentro
- de las zonas de replanteo, tendrá en consideración que el desplazamiento en esta zona será coordinado a efectos que se identifique su presencia y se pueda integrar a las actividades de levantamiento topográfico.
- El supervisor antes de iniciar los trabajos de replanteo topográfico, inspeccionará al área de trabajo, a fin de identificar peligros potenciales y aplicar medidas de control reales que serán implementadas durante el

desarrollo de la actividad para mitigar el riesgo y la actividad se ejecute sin contratiempos.

- Realizar la inspección diaria del vehículo de transporte de personal, asegurándose que se encuentren en condiciones óptimas antes de movilizar al personal al frente de trabajo.
- Se establecerán y señalizarán en forma clara los límites de velocidad permitidos, de acuerdo a las normativas del cliente, observando las condiciones del tránsito vehicular y del personal.

Personal Asignado al Trabajo.

- Ing. de producción y/o supervisor.
- Topógrafo.
- Oficiales de topografía.

Responsabilidades.

Jefe de Topografía.

- Cumplir y hacer cumplir lo establecido en el presente procedimiento.
- Responsable directo de la ejecución del proceso topográfico.
- Asegurar y controlar que los trabajos se realicen con planos y documentos aprobados y vigentes. Conocer las especificaciones técnicas, planos y cualquier documento técnico referido a la actividad que controla.
- Conocer las tolerancias establecidas para las diferentes actividades que requieran control topográfico.

- Encargado de generar los registros de topografía en el campo, inmediatamente después de culminado los controles topográficos, utilizando el formato de reporte fotográfico.
- Verificar la vigencia de los certificados de calibración de los equipos a su cargo y comunicar a su jefe inmediato la fecha de caducidad de los certificados con un mes de anticipación.
- Mantener una copia de los certificados de calibración acompañando a los equipos.
- Mantener un registro que permita identificar el equipo topográfico que está asignado a cada topógrafo.
- Mantener un registro que permita identificar el estado del equipo topográfico, operativo, inoperativo, desmovilizado del proyecto, desmovilizado para re- calibración.
- Mantener un registro que permita verificar la difusión del presente procedimiento, sus actualizaciones y/u otros procedimientos del área, según el formato de control de asistencia de capacitación.

Procedimiento. Para las actividades de trazo y replanteo topográfico en el túnel, se desarrollará de la siguiente manera:

Actividades Previas. Antes de la ejecución de los trabajos de trazo y replanteo topográfico, tener en cuenta lo siguiente:

- Se verificará el estado actual y operatividad de los equipos, asimismo que cuente con copias de los certificados de calibración vigentes.

- La verificación de los equipos (contraste), se debe realizar en campo y en coordinación con la supervisión, una vez cada dos semanas, de preferencia los días lunes a primera hora, a fin que el resultado de la verificación sea aceptada y validada por ambas partes.
- La verificación de los equipos en campo consiste en realizar una colimación del ángulo horizontal y ángulo vertical. Para el caso de la estación total se realiza visando a una diana reflectiva colocado entre 40 a 50 metros de distancia y se coloca el ángulo horizontal en $00^{\circ} 00' 00''$ luego se realiza un giro en el equipo de 360° en el cual la lectura del ángulo horizontal debería ser igual a la tolerancia especificada del equipo que es de $\pm 0^{\circ} 00' 02''$. Para el ángulo vertical se visa en la diana reflectiva y se anota el ángulo vertical visado, al momento del giro de 360° , se realiza el giro vertical 180° y, se vuelve a visar a la diana; el ángulo resultante debería ser igual a $360 (AVAD + AVAT) = 360$ o estar \pm dentro de la tolerancia especificada del equipo de $0^{\circ}00'02''$.
- En cuanto a la verificación del nivel automático se colocará dos sapos separados a una distancia de entre 60 a 100 metros, luego se estacionará el nivel aproximadamente en el centro de los dos sapos, se hará la lectura de vista atrás (VAT1) y vista adelante (VAD1), posteriormente se estacionará el nivel automático a una distancia de entre 2 o 3 metros en cualquiera de los dos puntos e igualmente se procederá hacer la lectura vista atrás (VAT2) y vista adelante (VAD2), la diferencia de ambos resultados nos dará el valor de cierre, esta diferencia se registrará. El error de cierre será el que indica el fabricante.

- Tener conocimiento del procedimiento, JSA, y el IPERC de trazo y replanteo topográfico.
- Todo el personal debe tener pleno conocimiento de las actividades a realizar, conocer los planos del proyecto, y especificaciones técnicas (EETT), toda duda debe ser consultada hasta que sea totalmente esclarecida. El Ingeniero de campo o el supervisor debe dar las indicaciones en forma clara y específica.
- Verificar que se tenga el JSA en campo para las consultas que puedan surgir durante el desarrollo de la actividad.
- Asegurarse que todo el personal tenga los EPP, para la actividad específica.
- Asegurarse que todo el personal haya recibido la charla de 5 minutos previo al inicio de la jornada laboral.
- Elaborar el ATS, con todo el personal comprometido en la actividad, incidiendo en la correcta implementación del IPERC, y que el riesgo residual sea bajo.

Ejecución. El Ingeniero de campo y/o supervisor explicará in situ como realizar y ejecutar cada tarea.

A. Trabajos de Cuadrilla de topografía en el Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco

- El trabajo de la cuadrilla de topografía en el Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco consiste en la marcación de los frentes para la perforación y posterior voladura, control de alineamiento horizontal, control de alineamiento vertical, seccionamientos en roca después de la

voladura, seccionamiento en shotcrete después de la colocación de shotcrete, poligonales en interior del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco para la colocación de puntos de apoyo el cual servirá para el control de alineamiento de los túneles.

- Verificación constante de los puntos de apoyo de interior Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco y el correcto enlazado de estos con los BM (Bench Mark) colocados al ingreso y salida del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco.
- Marcación para los diferentes servicios que se llevaran en el interior del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco tales como línea de alta tensión, iluminación, línea de aire y agua, etc.

B. Trabajos de Replanteo Preliminar (antes de construir los túneles)

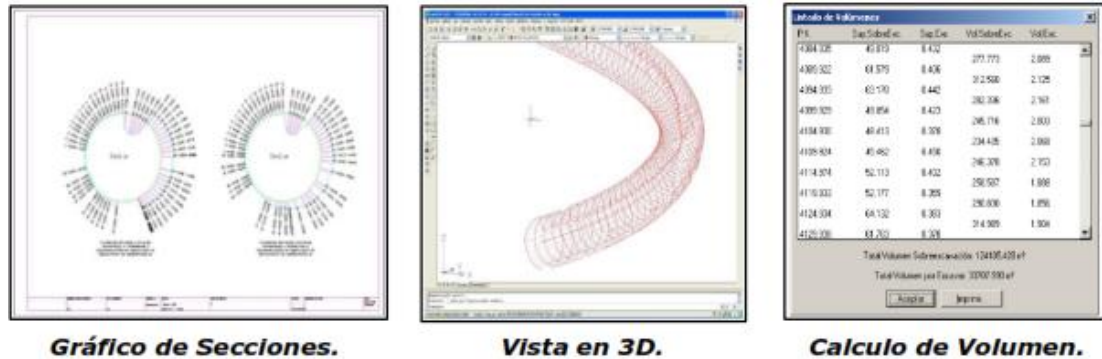
- Una vez ubicado el BM (Bench Mark) con los valores (X, Y, Z), se iniciarán los trabajos de trazo, replanteo y ubicación en campo de los portales verificando las cotas del terreno de acuerdo a los planos y a las especificaciones técnicas.
- Para el trazo y replanteo de los túneles a construir, se hará un replanteo de los ejes de acuerdo a los datos existentes en los planos aprobados para construcción. Siendo en los portales de ingreso y salida del túnel se utilizarán estacas en los hombros de talud y también se señalará el eje del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco para la visualización en campo de la ubicación exacta.
- Inmediatamente después de haber trazado los ejes del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco se comunicará al cliente para que

se haga un chequeo en conjunto y dé fe que la ubicación de dicha estructura es correcta de acuerdo a los datos que figuran en los planos aprobados para construcción.

- En caso exista incompatibilidad de los planos con el campo se tendrá que realizar el levantamiento topográfico necesario.
- Los datos de campo y/o secciones se pueden registrar en el siguiente equipo topográfico:
 - o El seccionamiento o levantamiento de la excavación en la superficie de roca y shotcrete se realizará mediante el programa AUTO SCAND que viene en el paquete Trimble Access Túneles.
 - o El sistema de este levantamiento es automático en cada PK definido a cada 1 m.
 - o Con estación total, los registros de las secciones se guardarán en la memoria de la estación total para el posterior vaciado de datos en una PC y ser procesado con un software (TCP TUNELES) adecuado para obtener las secciones del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco y poder hacer el área como también calcular el volumen de excavación.
 - o Las datos de las secciones levantadas en campo y almacenadas en la memoria de la estación total, será descargada en un dispositivo USB y llevada al área técnica para su respectivo post proceso.
 - o El post proceso de esta data se realizará mediante el software de TCP TUNELES el cual es un programa exclusivamente para el dibujo de secciones, cálculo de volúmenes y vistas en 3D de sección teórica.

Figura 5

Post Proceso de Datos en Programa TCP TÚNELES



Fuente: Elaboración propia.

C. Replanteo Continuo (Durante La Construcción De Túneles)

- Los trabajos continuos en los túneles se definen en fases muy marcadas para cada etapa, los cuales serán repetitivos a lo largo de toda la construcción de los túneles. Luego de la ventilación y desatado de rocas en el frente por parte del área de producción, se ingresará al frente para realizar las siguientes labores topográficas:

Chequeo de la sección de avance luego del disparo y toma de datos para el reporte correspondiente. En caso no hubiera ningún punto de roca dentro de la sección teórica, se procederá a realizar el seccionamiento en roca para tener el registro de la sección exacta luego del disparo.

Si, por el contrario, hubiera puntos de roca dentro de la sección teórica, se marcará cada punto con pintura para que se realice el desquinche y/o eliminación de las zonas indicadas que corresponden; posteriormente, luego de esta labor, se ingresará nuevamente para realizar el

seccionamiento respectivo y liberar el área para la colocación del shotcrete preventivo en las zonas que corresponda de acuerdo al tipo de roca luego de la evaluación geológica.

- Después de la colocación del shotcrete preventivo en las zonas que corresponda, se ingresará para realizar la marcación del frontón para la siguiente perforación y disparo.

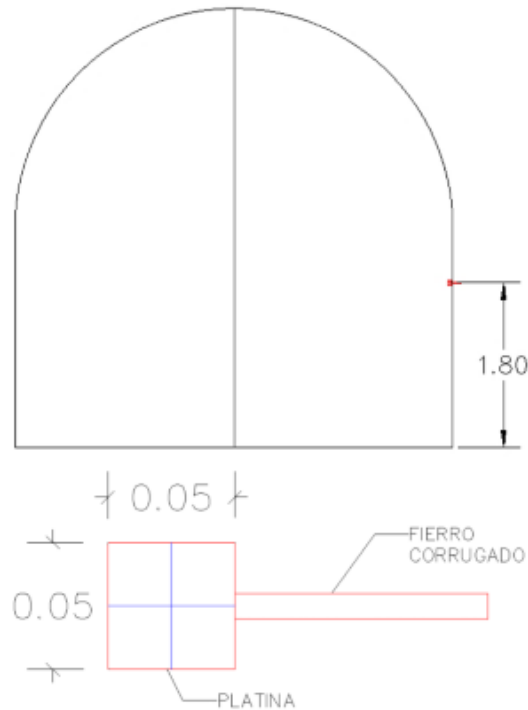
- CONTROL DE EJE

o Se instalará el equipo con el método de estación libre (resección) y se saldrá con 3 y/o 4 puntos auxiliares. Para la comprobación de la instalación, se colocará, cada 50 m, una platina de 5 cm x 5 cm que llevará cinta reflectiva marcado en cruz (+) o del mismo material para lectura de convergencias, el mismo que se incrustará en el hastial del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco a una altura de 1,80 m de la rasante del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco. El control de eje se realiza cada 50m de avance de Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco utilizando las referencias, puntos de control y puntos auxiliares, ubicadas en los tramos anteriores a la platina.

o Se realizará la lectura de coordenadas en las platinas para luego enviar dicha información a oficina donde se calculará la desviación del eje teniendo en cuenta la distancia horizontal y vertical con respecto al eje y rasante respectivamente.

Figura 6

Detalle de colocación de platina



Fuente: Elaboración propia.

- Se realizará el marcado de una línea continua en la bóveda a una distancia de 1,50m paralelo al eje del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco (distancia variable según condiciones de campo y disponibilidad)
- La marcación del frontón para todo el contorno se realizará con pintura esmalte látex color blanco para que se pueda visualizar en la roca y, para la línea en gradiente con pintura Spray color rojo a una altura de 1,00 m o 1,50 m del piso de excavación.
- Los PKs en la zona ya excavada de los túneles estarán muy claramente demarcados a cada 5,00m Luego de culminada la marcación del frontón,

el personal de topografía se retirará para el ingreso del equipo de perforación y se ubicará en la parte posterior para continuar con los trabajos tales como marcación de servicios, marcación de línea de gradiente, marcación de PKs, avanzar con el seccionamiento sobre shotcrete y realizar las diferentes actividades que correspondan al área de topografía.

D. Puntos Principales

Dentro del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco se llevará una red de puntos de control horizontal y altimétrico con bronce y brazo poligonal, los cuales garantiza el correcto desarrollo del alineamiento horizontal y vertical en la excavación de los túneles, vías poligonales abiertas.

Para la colocación de estos puntos base principal seguirá el siguiente procedimiento:

- Se hará una perforación en el hastial a una altura de 1,00 del piso de la excavación y se colocará un bronce asegurándolo con resina de fraguado rápido o con lechada de cemento.
- En el interior del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco estos puntos estarán colocados en forma cruzada uno en el hastial derecho y el otro en el hastial izquierdo cada 250 m de longitud aproximadamente de intervalo para facilitar la visualización al momento de hacer la lectura de ángulos y distancias.

- Para realizar la poligonal se embonará en el bronce el brazo poligonal en el cual se montará la estación total y los tribrach, ambos completamente nivelados, es para hacer las lecturas de los ángulos y distancias se utilizará una estación total con desviación estándar de 02 segundos (mínimo 4 series para cada punto).
- Estas lecturas serán corridas en el software STARNET V 7.0 y los valores resultantes (norte, este) los usados en la marcación del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco.
- A nivel de cotas, se entregará las cotas oficiales mediante nivelación geométrica.

Figura 7

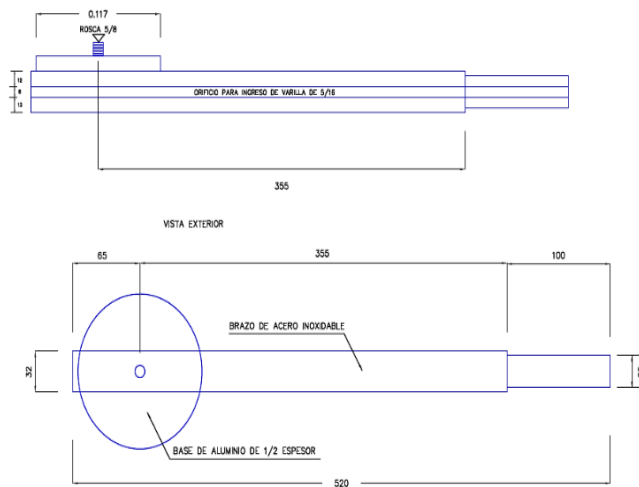
Brazo Poligonal



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8

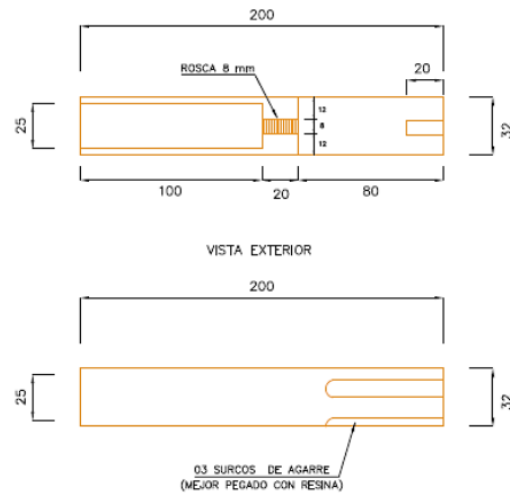
Detalle de brazo de poligonal - Brazo de acero inoxidable con orificio para ingreso de varilla de 5/16" con base de aluminio de 1/2" y rosca de 5/8".



Nota: Diseño de referencia según fabricación.

Figura 9

Detalle del diseño de bronce - Taquete de bronce con rosca interior de 8 mm y surcos de agarre exterior para un mejor pegado con resina



Nota: Diseño de referencia según fabricación.

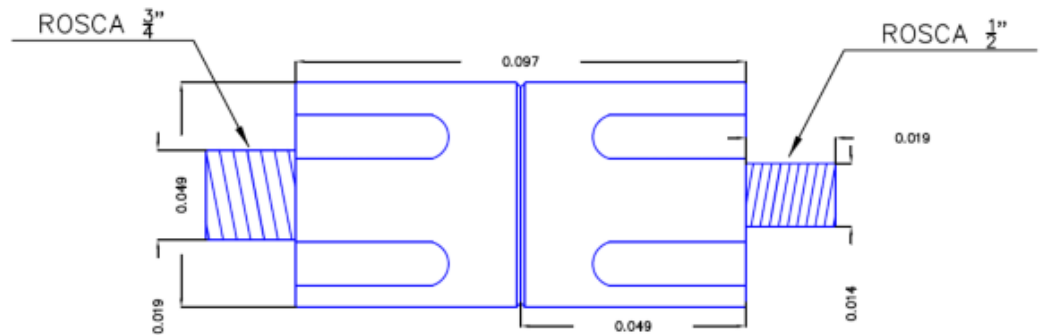
E. Puntos Auxiliares

Se utilizarán puntos de apoyo temporales para el rápido marcado del frente de trabajo y otros trabajos adicionales que se realicen en el Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco. Estos puntos temporales serán lanzados desde la base principal para no tener ninguna diferencia o variación en el alineamiento vertical y horizontal. Para la ubicación de estos puntos temporales se utilizará la metodología descrita líneas abajo, vías poligonales abiertas.

Se hará una perforación en el hastial a una altura aproximada de un metro del piso de la excavación y se colocará un taco expansor de 1½ X ½ en el cual se enroscará un tambor con adaptador de prisma.

Figura 10

Detalle de Tambor de acero inoxidable



Nota: Diseño de referencia según fabricación.

Figura 11

Prisma colocado en el punto auxiliar en el interior del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco



Fuente: Elaboración propia.

Estos puntos estarán entrelazados a la red base topográfica general del proyecto ya que se partirá desde los dos puntos base colocados en cada portal de ingreso, intermedios y salida (puntos principales) del túnel, con el siguiente procedimiento:

Para hacer las lecturas de los ángulos y distancias se utilizará una estación total con desviación estándar de 02 segundos (mínimo 4 series o ciclos para cada punto).

Estas lecturas serán corridas en el software STARNET V 7.0 y los valores resultantes (norte, este y cota) los usados en la marcación del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco.

A nivel de cotas, se entregará las cotas oficiales mediante nivelación trigonométrica.

F. Nivelación de BM (BENCH MARK)

- Los puntos topográficos ubicados mediante el procedimiento anterior (puntos principales) también tienen que ser nivelados para tener una nivelación geométrica.
- El procedimiento para este trabajo es de hacer mediciones de diferencia de elevación en cada uno de los puntos topográficos de poligonal, la nivelación tendrá que ser de ida y vuelta. Si el error de cierre se encuentra fuera de la tolerancia permisible se repetirán las mediciones de campo.
- La precisión de una nivelación compuesta está en relación directa al objetivo que se persigue está en función de dos parámetros.
- El error kilométrico que es igual a máximo error accidental del instrumento en un recorrido de un kilómetro.

- Numero de kilómetro que es igual a la distancia en kilómetro del recorrido de la nivelación realizada.
- La cota de referencia para la nivelación se determinará en base a la cota de partida de un BM existente del proyecto, todo este trabajo se coordinará con el responsable de la supervisión.

G. Levantamiento o seccionamiento topográfico final (para as built)

- Una vez concluidas las diversas etapas de construcción, se procederá a realizar los levantamientos y seccionamientos topográficos finales para la obtención de los planos de construcción respectivos.
- Este trabajo se realizará de manera continua durante el desarrollo del proyecto, y dichos levantamientos y seccionamientos serán presentados como avance de lo ejecutado en las valorizaciones.

H. Consideraciones de seguridad durante el trabajo

- En todo momento se estará atento a la presencia de vehículos y maquinarias manteniendo la distancia prudente.
- Usar los elementos de protección personal necesarios de acuerdo a los riesgos identificados.
- Utilizar las herramientas adecuadas para el trabajo que se va a realizar, no usar herramientas hechas.
- Asegurar que las herramientas y equipos en general se encuentran en buen estado.
- En caso de ocurrencia algún accidente avisar inmediatamente a su jefe directo.

- Queda absolutamente prohibido hacer bromas o que se produzcan peleas al estar en obra.
- Mantener el orden y aseo en el lugar de trabajo.
- Los materiales sobrantes serán transportados en bolsas y contenedores para su posterior eliminación en cilindros para la segregación y disposición de residuos.
- Se debe contar con las hojas MSDS de los productos químicos a utilizar y aplicarse las medidas de seguridad y control ambiental señaladas en las mismas.
- Los envases que se utilicen para el trazado y demarcación deben estar debidamente rotulados y contar con codificación NFPA si se tratan de productos peligrosos.
- La cuadrilla de trabajo debe colocar señales preventivas antes de realizar sus actividades (4 conos de seguridad para formando un arco, para el que opera la estación total y además el topógrafo y los ayudantes deberán contar con radio de comunicación ante cualquier eventualidad, requerimiento y/o necesidad.
- La cuadrilla de trabajo debe verificar el terreno en donde realizará su actividad y respetar la señalización preventiva de advertencia ante la visualización de un terreno inestable.
- Tener cuidado, al transitar por zonas donde existan desniveles. En caso de existir peligro de caída se implementarán sistemas de seguridad para trabajos en altura.
- Siempre se transitará por el área demarcada en la zona de trabajo.

- Se debe procurar la comunicación constante mediante radio con el personal de piso y cuadrilla de topografía.
- Cuando se realicen trabajos en los portales cercanos a taludes se debe contar con vigía observador de talud y realizar el Check List de Verificación de Taludes antes de ingresar a la zona.

I. Buenas Prácticas

- Tener todos los equipos topográficos operativos y calibrados para minimizar los errores de trazado y replanteo.
- Verificar el funcionamiento de los equipos en campo una vez llegados al proyecto y requerir copia de los certificados de calibración respectivos.
- Antes y durante el desarrollo del presente procedimiento, se deberá coordinar con el área de SSOMA la revisión de los insumos a utilizar, así como sus documentos (MSDS); también se deberá verificar previamente el correcto llenado de los ATS (Análisis de trabajo seguros) y el permiso de trabajo si es necesario de cualquier prueba y/o ensayo con la finalidad de preservar las condiciones seguras de las mismas.
- Durante la ejecución de las pruebas, también deberá supervisarse las condiciones seguras de las mismas.

Aseguramiento y Control de Calidad. Será el responsable de:

- Verificar el uso de documentos técnicos en campo (procedimientos, planos, especificaciones técnicas, RFI, etc.) que se encuentren en revisión vigente.
- Verificará las actividades durante el proceso para alertar de posibles desviaciones de las especificaciones técnicas, planos, procedimientos, etc.
- Verificar que los datos de las mediciones registradas en el registro topográfico se encuentren dentro de las tolerancias establecidas para la actividad.
- Verificar en campo que todos los equipos topográficos se encuentren calibrados y con el certificado de calibración vigente.
- Llevar un registro de todos los equipos topográficos para el control de la vigencia de los certificados de calibración.

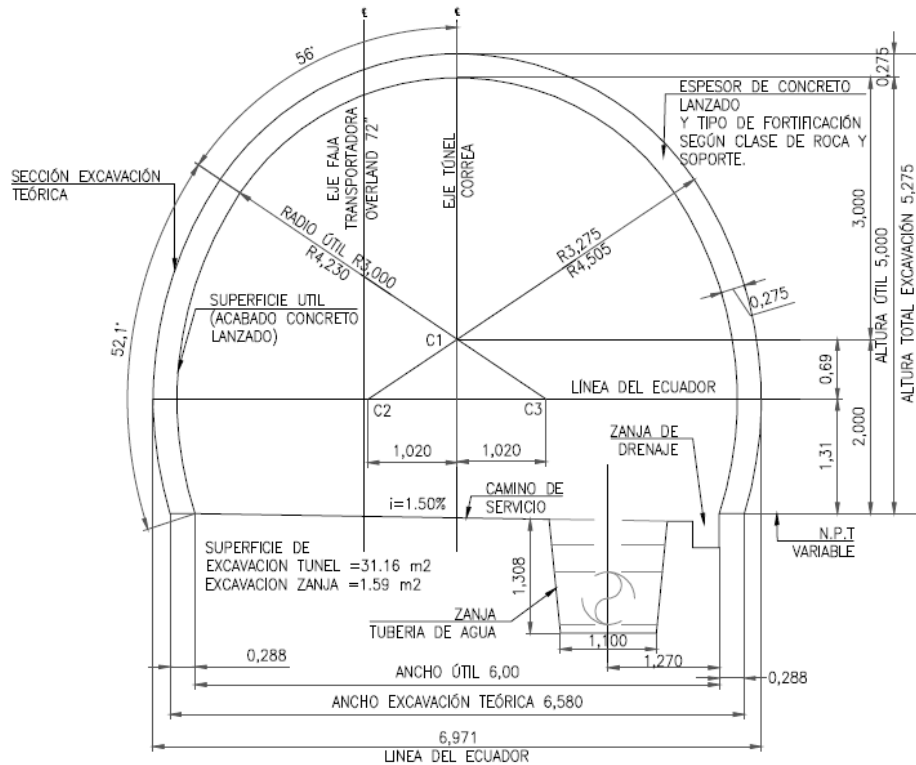
4.2.6 Diseño de Túnel de Mineral Grueso Inicial y Final

Diseño de Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco inicial. Para tener una noción clara de las características del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, se muestran las características que se plantearon antes de su creación.

Figura 12

Sección Típica Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco

Correa Overland



Nota : Imagen referencial del diseño de túnel.

En el Anexo 4, se muestra la caracterización geológica - geotécnica de del Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco.

Las obras principales, corresponde a la ingeniería de detalles para un nivel de producción de 127,5 ktpd.

Cantidades Relevantes. Los volúmenes de obra más relevantes son los siguientes:

- Excavaciones portal de salida: 7,600 m³.
- Excavaciones subterráneas túneles: 97,000 m³.
- Concreto lanzado Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco y portales: 4,600 m³.

- Pernos de sostenimiento Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco y portales: 18,800 un
- Pernos de anclaje soporte servicios: 4,780 un

Alcances Generales.

- Revisión de la topografía del proyecto

Para la revisión de la topografía del proyecto el contratista deberá considerar “alcance de los servicios e Instalaciones temporales para la construcción - Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco”.

- Replanteo topográfico de todas las obras

Una vez revisada la topografía del proyecto, el contratista realizará el replanteo de las obras, verificando la coherencia de la información recibida. Cualquier diferencia detectada por el contratista en la información topográfica del terreno deberá informarla de inmediato a la compañía para su revisión, a objeto de definir oportunamente las eventuales modificaciones al diseño de las obras. El contratista establecerá en su oferta el plazo máximo a partir de la fecha de inicio de las obras, en el cual se compromete a completar el replanteo topográfico y formular observaciones al respecto. El contratista asumirá los costos derivados de paralizaciones de obra y atrasos producto de modificaciones de diseño, originados por diferencias topográficas no informadas en el plazo comprometido.

El Contratista deberá mantener la red de PR's durante todo el período de construcción.

- Accesos al túnel correa de mineral grueso

Los accesos al portal de entrada y salida del túnel estarán listos cuando el contratista inicie sus trabajos de construcción. En el caso que a la fecha de inicio de actividades el camino planta- mina aún no esté terminado, el contratista deberá construir un acceso provisorio desde los caminos existentes. En caso de requerir mejoras a los caminos de accesos, se analizará en terreno la solución más conveniente

El contratista deberá iniciar los trabajos por el portal de salida del túnel correa, mientras se ejecuta por terceros la plataforma donde se emplazará el portal de entrada del túnel correa.

- Botaderos

El contratista deberá considerar de los servicios e instalaciones temporales para la construcción- túnel correa overland".

Túnel de Transporte de Mineral Grueso.

- Excavación y sostenimiento portales de entrada y salida túnel Correa de Mineral

a) Portal de entrada y laterales. El contratista encontrará excavado el portal de entrada cuya descripción general es: configuración

geométrica de los bancos con un ángulo de talud máximo H: V = 1:1,5 (50°), una altura máxima de 9 m y ancho de bermas de 3 m. La fortificación diseñada en el portal de entrada para asegurar la estabilidad global de los taludes en roca incluye la colocación de malla de alambre tejida, de 3,6 kg/m², sujeta en las bermas por pernos D= 22 mm de 1,5 m de longitud; incluye además concreto lanzado en capas de espesor 5 cm, reforzado con fibra de polipropileno, aplicado en toda la altura de corte, sobre los portales y en taludes laterales, adicionalmente incluye tanto pernos autoperforantes R32N-320, longitud 6 m, Pattern 1,5 m x 1,5 m, como pernos de hilo helicoidal Grado 75, diámetro 22 mm, longitud 4 m, ambos en distribución al Tresbolillo.

- b) En cuanto a la fortificación de los taludes en suelo, también se considera la colocación de malla de alambre tejida, de 3,6 kg/m², sujeta en las bermas por cáncamos D= 22 mm de 1,5 m de longitud enterrada más 0,5 m de doblez exterior; también incluye la colocación de concreto lanzado en capas de espesor 5 cm.
- c) Portal de salida y laterales. La configuración diseñada para los taludes sobre el portal de salida y laterales al portal de salida considera que los dos bancos al pie del talud deben tener un ángulo máximo H: V = 1:4 (76°), una altura máxima de 12 m y ancho de berma de 3 m; en el banco superior se considera una pendiente H: V = 1:1,5 (56°) y altura variable hasta el terreno natural. Con respecto a la fortificación del portal de salida, su diseño incluye la

colocación de malla de alambre tejida, de $3,6 \text{ kg/m}^2$, sujeta en las bermas por pernos $D= 22 \text{ mm}$ de $1,5 \text{ m}$ de longitud; incluye además pernos de acero calidad ASTM A615 Grado 75, de diámetro 25 mm y 4 m de longitud, dispuestos en una grilla de $2 \times 2 \text{ m}$ y en toda la altura de corte, sobre los portales y en taludes laterales.

d) Emboquille de portales. Los portales del túnel incluyen una fortificación inicial de pernos paraguas conformada por pernos auto perforantes tipo R38-420, de diámetro 38 mm y 9 m de longitud, con una separación máxima entre los ejes de 50 cm . Esta fortificación tiene además revestimiento de shotcrete de espesor 150 mm , reforzado con malla electrosoldada de cuadrícula $150 \times 150 \text{ mm}$ de alambre diámetro $9,0 \text{ mm}$., todo ello de acuerdo a planos del proyecto. Por otra parte, el diseño considera fortificar los primeros 10 m del túnel en ambos portales, con sostenimiento categoría V.2, lo cual podrá ser ajustado por el geotécnico de terreno dependiendo de las condiciones reales encontradas durante la excavación.

Durante el proceso de excavación del macizo rocoso, en que se excavarán los taludes de corte tanto en el portal de entrada como de salida, la compañía, a través del Ingeniero, deberá verificar la calidad de la roca expuesta, con el objetivo de realizar ajustes frente a condiciones geológicas y geotécnicas que tengan un carácter de hallazgo, es decir, aquellas condiciones no consideradas o detectadas en el desarrollo de la ingeniería. Estos ajustes se podrán realizar tanto en geometría como en fortificación, de modo que se

logre asegurar la estabilidad de los taludes de corte en el largo plazo.

Cabe destacar además que la compañía, de acuerdo a la calidad de la roca expuesta en las excavaciones de los portales y según lo recomendado por el ingeniero, podrá eliminar total o parcialmente los túneles falsos considerados en ambos portales del túnel.

- Excavación y sostenimiento túnel correa de mineral

El túnel tiene una longitud aproximada de 3,163 m y una sección transversal única útil de 6,0 m de ancho x 5,0 m de alto, tipo herradura (como se mostró en la Figura 12).

La excavación del túnel se considera ejecutarla desde ambos portales, pero mayoritariamente desde el portal de salida, considerando que existe la posibilidad de filtraciones y, por la pendiente del túnel, el frente desde el portal de entrada tendrá agotamiento gravitacional.

A. Progresivas

V1: Progresiva Inicial del Túnel Corra Mineral Grueso

PVI Dm. 125, 940m

COTA 3451,694m

V2: Se da el punto de quiebre, en la progresiva del Túnel Corra

Mineral Grueso

PVI Dm. 529, 685m

COTA 3453,708m

V3: Progresiva Final del Túnel Corra Mineral Gueso

PVI Dm. 3288, 661 m

COTA 3660,996m

Ver Anexo 5 (Planta General Túnel Correa Mineral Gueso).

B. Pendientes y Longitudes

- V1-V2:

I = 0,4988% (pendiente)

L = 375,6917m (longitud)

- V2-V3:

I = 7,5132% (pendiente)

L = 2913,2226m (longitud)

Distancia en el Punto de Elevación

D = 8,0 metros (en este tramo cambia la pendiente).

R = 800 (radio).

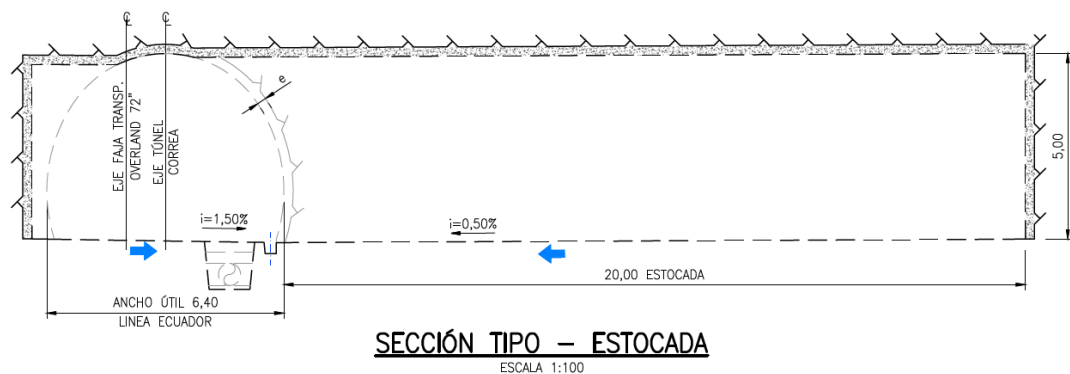
El diseño considera la ejecución de estocadas de escombros, espaciadas a intervalos de longitud aproximada 250 m. Estas estocadas tendrán sección transversal útil tipo medio punto de 6,5 m de ancho y 5,0 m de alto y su longitud es de 20 m, medida desde el hastial. El contratista, de acuerdo a su metodología de trabajo y equipos disponibles, podrá proponer estocadas con ubicaciones

levemente diferentes, condición que deberá ser previamente aprobada por la Compañía.

En todo caso la ubicación también estará sujeta a que las estocadas sean ejecutadas de preferencia en sectores de roca de calidad buena a regular (tipo I, tipo II o tipo III). Eventualmente se podrá ejecutar las estocadas en roca tipo IV.1, con la aprobación de la Compañía. Esto se muestra en la Figura 13.

Figura 13

Sección Tipo - Estocada



Nota : Imagen referencial del diseño de túnel.

De acuerdo al tipo de roca excavada, el sostenimiento del túnel correa incluye pernos de acero ASTM A615 Grado 75 D= 25 mm L= 3 m dispuestos en espaciamentos variables, y concreto lanzado con fibra de polipropileno, en espesor variable desde 5 cm hasta 25 cm. En los sectores de roca muy mala (calidades V.1, V.2, VI.1 y VI.2) se agrega el uso de marcos de acero reticulados de 3 barras (2 1" +1 1 3/8") y pernos paraguas de acero ASTM A615 Grado 75 D= 25 mm L= 6m; en los sectores en que las perforaciones se presenten

inestables se deberá usar pernos autoperforantes tipo R32 de L= 6 m. El contratista deberá mantener en obra un stock de pernos autoperforantes con sus accesorios, a objeto de evitar eventuales detenciones debido a la aparición de sectores de estas características; el suministro de estos pernos será previamente aprobado por la compañía.

Durante el desarrollo de las excavaciones el contratista deberá instalar estaciones de convergencia para el monitoreo de las deformaciones del túnel, las cuales estarán conformadas por pernos D=22mm, del largo requerido para un anclaje mínimo de 40 cm en la roca. Estos pernos tendrán un sistema de fijación que permita montar y desmontar una huincha extensométrica para las mediciones de control, de tal manera que se obtenga una precisión de +- 1 mm. El diseño considera instalar 5 pernos por sección, distribuidos y con espaciamiento variable entre secciones según la calidad de la roca. El contratista deberá realizar una medición base inicial y posteriormente mediciones de control, con la frecuencia y cantidad.

La ejecución de las excavaciones deberá respetar íntegramente las exigencias establecidas. El sostenimiento de las excavaciones deberá cumplir lo establecido en las especificaciones técnicas para sostenimiento de excavaciones abiertas y subterráneas. El material excedente de las excavaciones se depositará en los botaderos.

Con respecto a la sectorización de calidades de roca que se espera encontrar en la excavación del túnel correa y los elementos de fortificación considerados en el diseño para cada sector.

- Anclajes para soporte de instalaciones

Una vez terminada la excavación y fortificación del túnel correa el contratista deberá instalar los anclajes requeridos para el montaje de diversas instalaciones de operación que serán realizadas posteriormente. En esta actividad se incluye los anclajes para soporte de instalaciones eléctricas, para soporte de tuberías de acero inoxidable, para soporte de tuberías de HDPE y soporte de ventiladores axiales. La metodología de instalación de los pernos deberá garantizar un correcto alineamiento de los pernos, por lo que será previamente aprobada por la compañía.

La instalación de estos anclajes deberá respetar la ubicación, alineamiento y espaciamiento que se muestra en los planos respectivos.

- Sección de excavación única

La sección de excavación del túnel será única: 6,55 m de ancho x 5,275 m de alto. Estas dimensiones permitirán garantizar la sección útil requerida (6,0 m de ancho x 5,0 m de alto) instalando cualquiera de los tipos de fortificación definidos de acuerdo a los posibles tipos de roca que se presenten en el trazado del túnel.

- Instrumentación geotécnica

Una vez terminada la excavación y fortificación del túnel correa, se debe instalar la instrumentación geotécnica para su control durante la operación, la cual incluye extensómetros, celdas de carga, celdas de presión y piezómetros. La instrumentación de operación del túnel será suministrada por la compañía; respecto de su instalación y conexión,

como también el montaje de la fibra óptica al interior de los túneles, deberán ser ejecutadas por el contratista con personal especializado y metodología previamente aprobados por la compañía.

Respecto a la instrumentación de construcción, esta será suministrada, instalada, monitoreada y retirada por el contratista al término de los trabajos.

- Varios

A. Sondajes de avance (probe holes).

En su metodología de excavación del túnel, el Contratista debe considerar la ejecución sistemática de 6 (seis) sondajes de reconocimiento de longitud 4 m, en cada avance, a objeto de detectar anticipadamente la presencia de condiciones geológicas desfavorables. Estos sondajes se harán en forma previa a las perforaciones de excavación de la frente y con el mismo equipo usado para dichas perforaciones (Jumbo); de preferencia estos sondajes se ubicarán parcialmente en la clave. En los sectores que se prevea la presencia de roca clase V o VI, sin ser excluyente de otra clase de rocas y/o donde lo ordene la Compañía, se hará al menos un sondaje de reconocimiento de longitud 30 m y con un traslape mínimo de 10 m. El contratista deberá registrar la información obtenida en estos sondajes incluyendo antecedentes tales como la presión y velocidad de perforación, color del agua de retorno, características del detritus y otros que ordene la compañía.

B. Drenajes.

En aquellos sectores que los sondeos de reconocimiento detecten la presencia de agua a presión que pueda dificultar las actividades de excavación y sostenimiento del túnel, el diseño considera la ejecución de perforaciones de drenaje $D= 64$ mm y longitud hasta 30 m, cuyo objetivo es deprimir el nivel piezométrico del área, previo a su excavación. Adicionalmente se incluye la colocación de membrana de drenaje tipo Dynadren DS (Dynal), en cajas y clave del túnel, con la cual se colectan las aguas para conducir las a canaletas laterales. También se considera la ejecución de drenajes permanentes con perforaciones $D= 64$ mm y $L= 4$ m, cuando existan filtraciones adyacentes a los pernos de sostenimiento, a objeto de evitar que tales filtraciones se canalicen por las perforaciones de los pernos. Tanto los drenajes al avance ($L= 30$ m) como los drenajes permanentes ($L= 4$ m) se harán en los sectores que sean previamente autorizados por la Compañía.

C. Inyecciones de consolidación e impermeabilización.

El contratista deberá contar con los recursos necesarios para realizar inyecciones de consolidación o de impermeabilización, en los sectores que sea ordenado por la compañía. Las inyecciones se harán con lechadas de cemento-bentonita complementadas ocasionalmente con aditivos. Los procedimientos de perforación e inyecciones, los materiales, equipos y personal a emplear deberán respetar íntegramente lo establecido en las especificaciones

aplicables, planos e instrucciones de la compañía, considerando que su diseño dependerá de las características reales de la roca alcanzada. En general el contratista deberá considerar en su oferta, la cantidad de lechada necesaria para asegurar que los pernos de fortificación queden completamente embebidos en ella, dentro de la perforación.

D. Rellenos de marina compactada.

Una vez terminada la excavación y sostenimiento del túnel, el contratista deberá efectuar un relleno de terminación en el piso con marina compactada seleccionada, con las características y las secciones definidas en las especificaciones técnicas y planos, debido a que la sobre excavación está limitada a 20 cm, éste será el espesor máximo de la marina compactada. La marina que se coloque como relleno debe tener un tamaño máximo de 2", debe estar limpia, libre de materiales provenientes de la excavación como por ejemplo trozos de fierro, mangueras, cables eléctricos, madera, etc. De la misma manera durante la ejecución del proyecto el contratista deberá considerar la mantención de los pisos de los túneles mediante marina compactada seleccionada con las mismas características antes señaladas.

E. Manejo de aguas al interior del túnel.

El contratista deberá disponer de los recursos necesarios para efectuar la captación, desviación, drenaje, evacuación, agotamiento

y tratamiento de todas las aguas de infiltración eventualmente del tipo acidas, que podría encontrar en las excavaciones subterráneas, cualquiera sea su origen y período durante el cual sea necesario efectuar el agotamiento, debiendo mantener en seco los frentes de excavación, cumpliendo con lo indicado en punto 3,8 del apéndice 1C. En el caso del frente que requerirá de bombeo (portal Papujune), el contratista debe contar con instalaciones y equipos necesarios para realizar esta labor considerando un caudal de filtraciones de hasta 25 lt/seg. En el caso del portal de entrada (Quellaveco) el agotamiento será gravitacional y se estima un caudal de hasta 15 lt/seg. Estos caudales se incrementarán con el agua utilizada por el Contratista en las faenas de excavación. El sistema de manejo de aguas provisto por el contratista debe lograr la reutilización del agua empleada en las operaciones de construcción, mantención de caminos y de las aguas de filtración, en el caso que el agua sea superior a las necesarias para las labores antes mencionadas el contratista podrá trasladar dichas aguas por sus medios a una piscina que la compañía ejecutará con un tercero. Se debe considerar una distancia máxima de 10 Km entre aquella piscina a cada portal del túnel. El contratista propondrá, diseñará, suministrará, instalará, operará y mantendrá un sistema para la separación de los aceites que pudieran mezclarse con las aguas que se conducirán por el túnel. El contratista deberá informar el lugar definitivo de disposición de aceites y la respectiva documentación de respaldo, lo cual deberá hacerse con pleno cumplimiento de la

legislación aplicable. El sistema de decantación de aguas en las áreas de portales deberá considerar el suministro de la tubería de conducción de aguas entre el túnel y el equipo separador de aceite y las piscinas decantadoras, los trabajos para su instalación y el montaje de dos aforadores, uno a la salida del túnel y el otro en el efluente de la piscina, incluyendo el control, registro e informe diario de caudales.

La compañía aprobará el inicio de las operaciones de excavación de los túneles si el sistema de decantación de aguas, equipo separador de aceite y el aforador se encuentra en condiciones de operación y se ha aprobado el lugar de disposición de los aceites y materiales recuperados.

F. Ventilación e iluminación.

El contratista deberá disponer de sistemas de ventilación e iluminación temporal que cumplan las exigencias establecidas. En relación al sistema de ventilación, este deberá ser respaldado con una memoria de cálculo elaborada por un profesional especialista; el diseño del sistema de ventilación será sometido a la aprobación de la compañía, previo a su montaje. Respecto al sistema de instalación eléctrica es de alcance del contratista, toda aquella necesaria para la etapa de excavación del túnel, no así las instalaciones al exterior del túnel, que son parte de la responsabilidad de la compañía. Además, el contratista deberá retirar toda instalación temporal utilizada en la etapa de excavación.

G. Comunicaciones.

La ejecución de excavaciones subterráneas debe considerar la implementación de un sistema de comunicaciones entre las frentes de excavación y superficie, basado en el tendido de un cable radiante, con lo cual se garantiza que en condiciones de emergencia se tendrá una comunicación oportuna y eficiente.

Sobre la ejecución de obras.

En general, cualquier duda o controversia durante la ejecución, deben ser comunicadas a la Compañía mediante carta y adjuntar todos los respaldos, tales como reportes diarios debidamente firmados por la compañía.

- Sobre las obras

Las obras a ejecutar tendrán interferencias con las obras del chancador primario y correa Overland transporte de mineral grueso, las cuales se regularán mediante los hitos de programación que se establecieron. El contratista deberá considerar las restricciones de programación que establecerá la compañía para coordinar estas actividades.

Estas interferencias corresponden principalmente al montaje de la correa Overland con su estructura al interior del túnel de mineral grueso, ya que cualquier atraso en las labores de minería e instrumentación del túnel provocará interferencias. Además, las plataformas de los portales de entrada y salida del túnel servirán para las instalaciones temporales, por lo que deberá haber una buena coordinación y flexibilidad entre ambos contratistas para no afectarse mutuamente.

El contratista debe considerar que la compañía recibirá el piso del túnel limpio, en condiciones de que se pueda construir las cimentaciones de la correa Overland en el ancho comprometido por el diseño. Asimismo, el contratista debe considerar que la excavación del túnel será recibida en su terminación con un criterio tal que, tanto en el piso como en la caja adyacente a la correa, no habrá puntas de roca que interfieran con la sección de la estructura de dicha correa ni habrá sobre excavaciones superiores a 20 cm, medidos en forma normal respecto a la superficie teórica.

Las eventuales sobre excavaciones mayores a 10 cm deberán ser rellenadas con concreto $f^c=100 \text{ kg/cm}^2$, lo que será aplicable solo cuando no se cumpla lo establecido. El relleno de estas sobre excavaciones será de cargo del contratista del túnel.

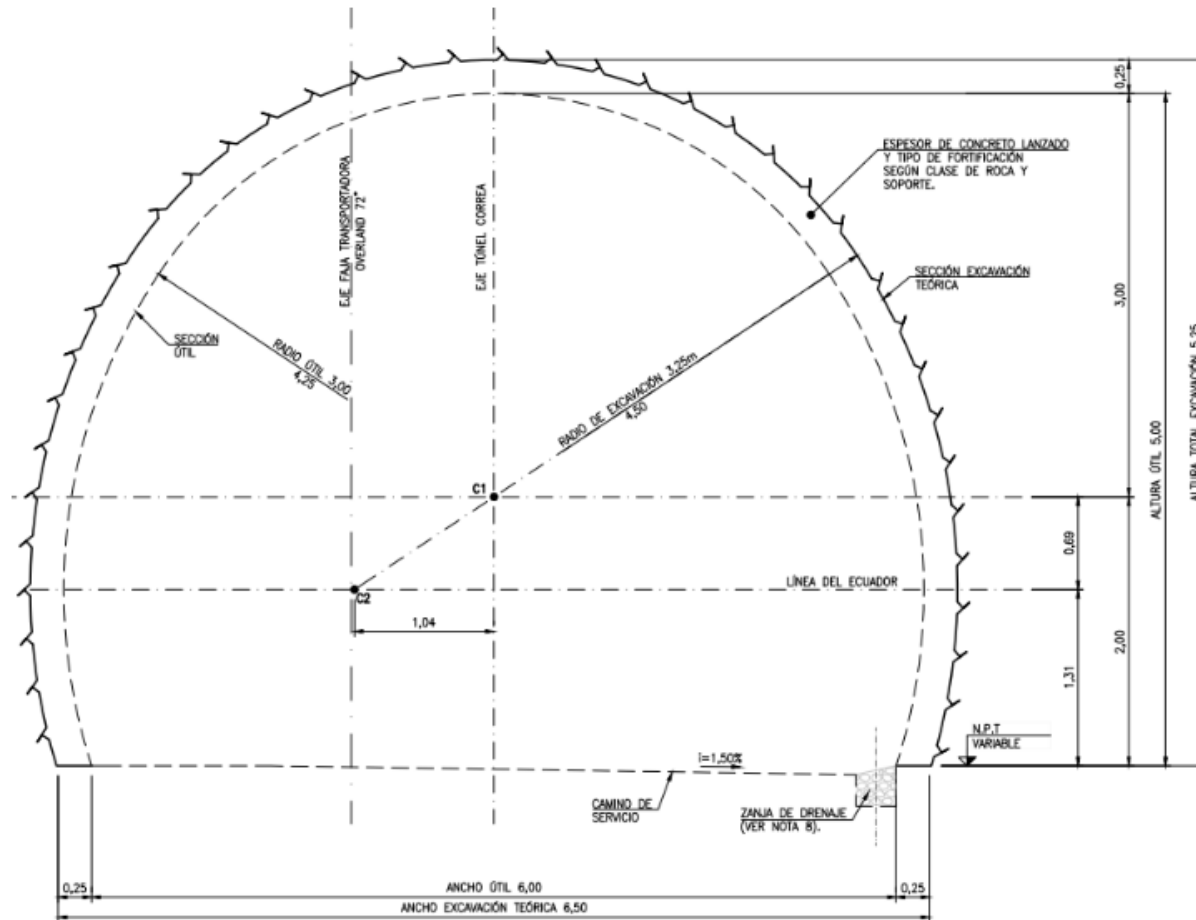
- Interferencias con respecto a las voladuras

En general el Contratista debe considerar, que se podrían producir interferencias producto de las actividades de voladura en las áreas, cuyas fechas estimadas para las voladuras son durante todo el año 2019 y hasta fines de octubre del 2019 respectivamente, las que posiblemente se ejecuten al final de cada turno diurno. Las

características de la sección de excavación típica y sección de clase de soporte, se muestran en la Figura 14 y 15.

Figura 14

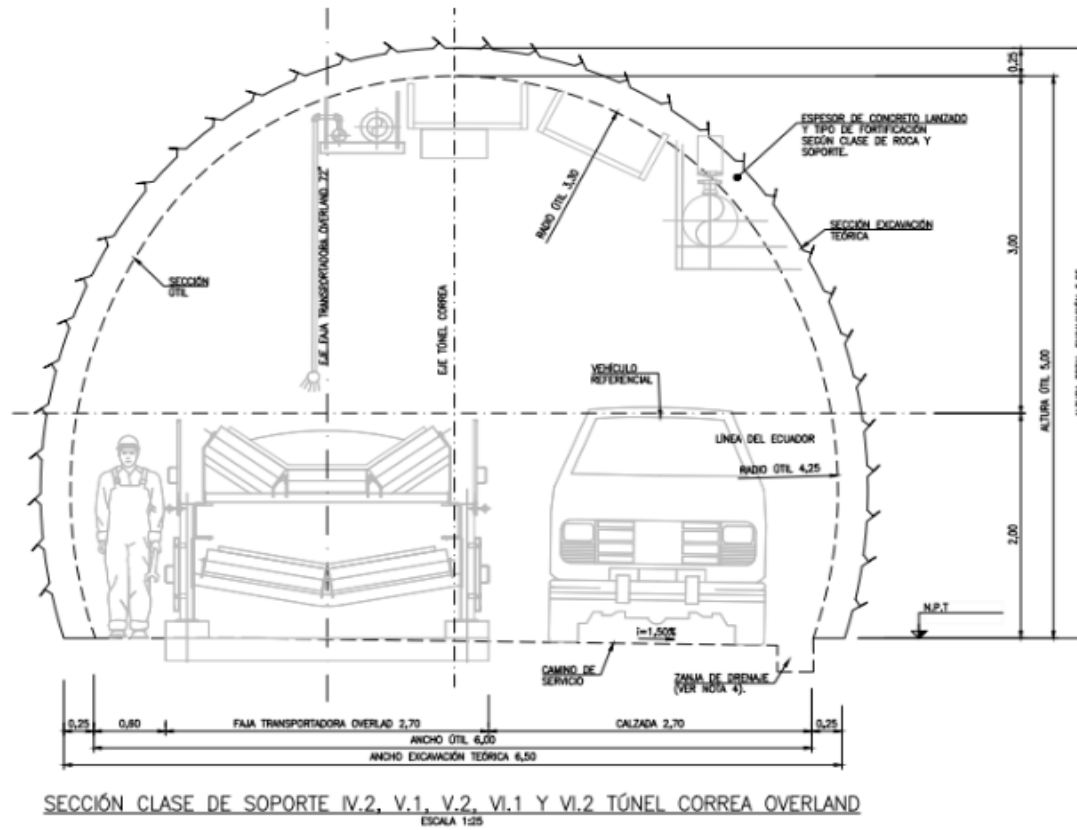
Sección de Excavación Típica - Túnel Correa Overland



Fuente : Consorcio GYM OSSA.

Figura 15

Sección de Clase de Soporte



Fuente : Consorcio GYM OSSA.

4.2.6.1 Fallas o Errores Encontrados

En el año 2018, el proyecto se encontraba en la etapa de análisis y diseño. En esta etapa la empresa contratante coordinó con las empresas contratadas, se establecieron los aspectos formales del túnel, los errores o márgenes permitidos, se hizo una proyección del tiempo para las tareas principales y secundarias, se hicieron las pruebas geológicas. De manera general se planificó y coordinó el diseño de túnel; sin embargo, en ese momento no se tenía idea sobre la actual pandemia y las demoras que generaría en el proyecto, lo cual la mayoría de empresas del sector no se habían planteado.

Por otra parte, las actividades específicas de trazo y replanteo, se planificaron de forma adecuada, dado que existía una empresa encargada de su desarrollo y otra encargada de la supervisión de los trabajos. En el caso de fallas y errores, estas se deberían corregir según lo dispuesto por ambas empresas, informando a la empresa contratante. Lo cual si se realizó durante la construcción del túnel y se describe en el apartado siguiente.

4.2.6.2 Características Geotécnicas Constructivas

En la tabla 5, se muestra una comparación entre las características geotécnicas constructivas, entre los periodos 2018 y 2021. Según lo revisado y evaluado, se desarrolló el túnel de acuerdo a lo establecido a la empresa contratista, dado que no se observaron diferencias entre lo planeado el 2018 y los resultados obtenidos el 2021.

Tabla 5*Comparación de las características geotécnicas constructivas*

Características geotécnicas constructivas	Años	
	2018	2021
Sobre-Excavación Normal.	Hasta en 20 cm la línea o contorno de excavación teórica	Hasta en 20 cm la línea o contorno de excavación teórica
Secciones topográficas	Cada 1 m.	Cada 1 m.
Desviación del eje real del túnel.	Menos a 0,008%	Menos a 0,008%
Puntos fijos.	Firmemente materializados, bien protegidos y claramente marcados en sus posiciones.	Firmemente materializados, bien protegidos y claramente marcados en sus posiciones.
Análisis de deformaciones realizado para cada clase de roca	Límite de alerta = 80% de la deformación visible Límite de intervención = 120% de la deformación visible	Límite de alerta = 80% de la deformación visible Límite de intervención = 120% de la deformación visible
Emboquille de portales.	pernos autoperforantes tipo R38-420 diámetro 38 mm 9 m de longitud separación máxima entre los ejes de 50 cm Revestimiento de shotcrete de espesor 150 mm, Reforzado con malla electrosoldada de cuadrícula 150 x 150 mm de alambre diámetro 9,0 mm.	pernos autoperforantes tipo R38-420 diámetro 38 mm 9 m de longitud separación máxima entre los ejes de 50 cm Revestimiento de shotcrete de espesor 150 mm, Reforzado con malla electrosoldada de cuadrícula 150 x 150 mm de alambre diámetro 9,0 mm.
Fortificación.	Los primeros 10 m del túnel en ambos portales	Los primeros 10 m del túnel en ambos portales
Longitud aproximada del túnel.	3,163 m	3,163 m
Sección transversal única útil.	6,0 m de ancho x 5,0 m de alto, tipo herradura	6,0 m de ancho x 5,0 m de alto, tipo herradura

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Diagnóstico

Una vez que se tuvo el acceso a los colaboradores, se aplicó una entrevista anónima con la cual se pudo obtener información acerca de los errores o fallas en el proceso de trazo y replanteo; dichos errores están directamente relacionados con la estación total s5 y el nivel de ingeniero. Estos resultados fueron ordenados y agrupados como se muestran a continuación:

A. Traslado de equipo

- Lo colocaban en el asiento de la camioneta, algunos lo ponían incluso en la tolva de la camioneta.
- Lo amarraban con un lazo o una cuerda, pero no amortiguaban los golpes.
- La caja del equipo si se usaba de manera adecuada.

B. Calibración del equipo (trimble)

- Se hacía semanalmente (por el operador del equipo)
- Se calibraba cada 6 meses por el mismo proveedor.
- La empresa encargada era GeoSystem.
- Se daba de manera informal, porque no se verificaban las calibraciones y todo era verbal.

C. Capacitación del personal para una adecuada manipulación (mensualmente)

- Manejo inadecuado al sacar el equipo y también al guardarlo con prisa, en el momento que se entraba o salía del trabajo.

D. Caídas en el traslado del equipo

- Al bajarlo el equipo sufría de daños, pues el equipo era trasladado manualmente y debido al peso, se resbala hasta caer al suelo. Algunas veces los operarios resbalaban o caían debido al barro en el suelo, causado por las filtraciones del techo o al momento de realizar las perforaciones.
- El equipo no era exclusivo para el trabajo en el Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, también era usado en otras áreas. Hubo 2 equipos para el túnel.
- Las otras áreas trabajaban en la superficie y exponían el equipo a fenómenos meteorológicos como la lluvia y neblina, afectando la vida útil del equipo.

E. Tribach descalibrados

- Debido al uso continuo.
- Algunos han recibido golpes y caídas.

F. Nivel de ingeniero (Z)

- El único posible error, es el humano, debido a un mal manejo.

G. Trípodes desgastados

- Eran golpeados al momento de trasladarlos o instalarlos.
- Debido a un esfuerzo excesivo en los tornillos laterales, se rodaban los hilos, generando inestabilidad en el soporte del equipo.
- El mismo peso del equipo soportado, generaba deslizamiento que desequilibraba el equipo y afectaba el trípode.

H. Errores humanos y ausencias

- Déficit de personal, es decir, no había personal suficiente para ingresar al túnel (algunos no pasaban el curso de Ingreso al túnel - espacio confinado)
- Debido a la pandemia, causada por el SAR-COV-2 el personal evitaba o se negaba a ingresar al espacio confinado (túnel) debido a la alta tasa de contagio en esa área de trabajo.
- La constante exposición a polvo, gases, humo el personal no deseaba ingresar al túnel. A la vez, que debían contar con los implementos de bioseguridad (mascarilla).
- Además, había personal con claustrofobia, el cual evitaba ingresar.

I. Falta de supervisión por el área de seguridad

- El personal no usaba constantemente su mascarilla e implementos de bioseguridad. Cuando el encargado de seguridad no estaba presente.
- Al inicio de la pandemia no había los suficientes puntos de desinfección para el personal del túnel.
- Añadido a esto, había un total desinterés por parte del personal, ante el COVID.

J. Estrés de los trabajadores

- Se extendió la jornada laboral de 21x7 a 56x21 + 7 días de aislamiento. Esta situación generó incomodidad en la mayoría de colaboradores.
- Se generó estrés en los trabajadores que tenían familia, debido a la preocupación de contagiarse.

4.4. Planteamiento de Mejoras

4.4.1. Estrategias Planteadas

Para la corrección de las fallas anteriores se realizaron una serie de cambios, los cuales se describen a continuación. Cabe señalar que los cambios se dieron de manera continua y progresiva, hasta llegar al 100% en su ejecución.

A. Traslado de equipo

- Se agregó un cinturón adicional de uso exclusivo para el equipo (como un arnés); el cual se instaló en el asiento del copiloto de la camioneta. Si no se cumplía con el cuidado, se sancionaba al personal que no cumplía con lo indicado (llamada de atención). A solicitud del área de seguridad de mina, por las medidas de prevención ante un posible incidente el equipo ocasione daños a la propiedad y a la persona y/o ocupantes.
- Se prohibió que el equipo se lleve en la tolva, sin alguna seguridad.
- Si se llevaba en la tolva, este era soportado por una colchoneta y cubierto por una caja de madera. Con la finalidad de darle una mayor seguridad.
- Se estableció que, los equipos topográficos como los accesorios deben contar con un mejor cuidado y acondicionamiento y protección de ellas para no ser dañados en el traslado en la unidad vehicular.
- Se verificó constantemente la documentación del conductor, junto a la información de traslado de personal y sobre los equipos de topografía.

B. Calibración del equipo (trimble)

- Todos los equipos deben mostrar su sticker pegado al equipo y su hoja de calibración del proveedor encargado.
- La supervisión fue más rigurosa, antes y después de utilizar el equipo.
- En el caso de encontrar alguna irregularidad con los formatos de calibración, el equipo no se podía utilizar . Y se emitía un informe hacia el área de topografía.
- Todos los procedimientos deben ser formales a través de los formatos aprobados: Formato de revisión, del estado del equipo, de calibración (semanalmente), entre otros.
- Estos documentos de control de calidad deben estar con el sello del área de calidad del área de mina con la fecha de recepción y su habilitación del equipo topográfico. Los formatos deben ser por separado según el modelo o tipo de equipo topográfico para un mejor control de calidad. Se requiere un constante monitoreo del tiempo de uso de los equipos topográficos de su tiempo de caducidad de los certificados de calibración y mantenimiento.

C. Capacitación del personal para una adecuada manipulación (mensualmente)

- El área de calidad lideraba las capacitaciones, que se dieron con mayor frecuencia.
- Se hizo un seguimiento semanalmente a través de formatos en físico.
- La calibración manual se hizo estableciendo parámetros aceptables.

D. Caídas en el equipo

- Indicaciones de uso al personal encargado, a través de las capacitaciones.
- Además de la capacitación, se reforzó la capacitación con charlas diarias de seguridad, con buenas prácticas del traslado de los equipos topográficos, sobre los procedimientos que debían cumplir y evitar las caídas de los equipos.
- Se restringió el uso para otras áreas, anteriormente se prestaba el equipo cuando era requerido.
- No se aceptan indicaciones que no estén autorizadas por un jefe inmediato. Toda labor por las cuadrillas en interior túnel son específicas y rutinarias. Incluso si se presentan trabajos imprevistos como reemplazar al topógrafo del frente se debe contar con la aprobación del jefe inmediato.
- Los equipos topográficos como estación total, nivel electrónico, escáner, etc., deben ser exclusivamente para su uso y no ser ocupados para otras funciones.
- Se estableció que si los equipos topográficos y accesorios presentan daños lo recomendable es realizar un informe detallado al jefe inmediato.
- También se indicó a todo el personal que se debe realizar un monitoreo diario del estado actual de los equipos y accesorios de topografía.

E. Tribach descalibrados

- Revisión constante de la estabilidad del tribach.
- Mantenimiento del tribach por el proveedor.
- Los accesorios como los tribach deben ser trasladados en la unidad vehicular en unas cajas u estuches, que los proteja de cualquier golpe que dañe este accesorio.
- Tanto los equipos topográficos como los accesorios deben ser verificados y colimados afín de encontrar algún desvío o deficiencia del accesorio topográfico.
- Al encontrar un desvío o des-calibración del accesorio, se debe realizar un informe para su cambio inmediato y realizar su revisión del accesorio de recambio.
- Cambio de tribach por uno nuevo, cuando este presenta fallas continuas y no es posible repararlo.

F. Nivel de ingeniero (Z)

- El verificar con una breve medición las lecturas del equipo.
- Antes de realizar mediciones de alta precisión, planimetría y altimetría (poligonales, control de puntos auxiliares, BMs) se deben verificar en una base, estandarizadas y aprobadas por ingeniería de mina.
- Realizar un replanteo rápido de un punto conocido con datos X, Y, Z para verificar la precisión del trabajo a realizar.

G. Trípodes desgastados

- Verificación del estado de los tornillos y tuerca de presión. Al momento de Instalar el equipo topográfico en una zona que el terreno y/o piso sea estable, evitar la humedad y demás variables que podrían causar desvíos en las mediciones.
- Si en interior túnel se presente presencia de goteras y dificulten las mediciones, se debe utilizar paraguas para proteger el equipo tipográfico de posibles daños al sistema electrónico.
- No trasladar el equipo topógrafo con el trípode instalado, porque ello corresponde a una mala práctica que no se de realizar.

H. Errores humanos y ausencias

- Obligar a todo el personal que lleve el curso de Ingreso al túnel - espacio confinado.
- Realizar la inspección al personal de la cuadrilla de topografía antes de ingresar a túnel para evitar que olviden ingresar algún accesorio y así evitar demoras en los trabajos encomendados.
- Revisar que toda la documentación cumpla con los criterios establecidos, que este se encuentre firmado por todo el personal de la cuadrilla de topografía, evitando sanciones por el área de seguridad.

- El personal debe ingresar siempre con todo su EPP para ingresar a túnel.

I. Falta de supervisión por el área de seguridad

- Semanalmente se hacían las pruebas rápidas al personal.
- Se tuvo un mayor control sobre los posibles contagios, en las diferentes áreas en las que trabajaba el personal.
- Mejor seguimiento de los contactos más cercanos de campo y con las personas que compartía la habitación en el campamento.

J. Estrés de los trabajadores

- Hubo un incremento 15% en el pago.

4.4.2. Descripción de las Estrategias

Se hizo uso del método 5W + 1H para describir cada una de las estrategias. Esto se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6

Descripción de las Estrategias

¿Qué?	¿Quién?	¿Cómo?	¿Por qué?	¿Dónde?	¿Cuándo?
Mejorar el traslado del equipo	Área de seguridad Área de calidad	Se hizo un requerimiento para la implementación del cinturón para el equipo topográfico, en su traslado	Porque ante un posible accidente de tránsito el personal no sufriría impactos con el equipo. Para mejorar la estabilidad del equipo y reducir los daños que este podría recibir.	En todas las camionetas donde se trasladaba el equipo.	Segundo semestre
Control de Calibración del equipo	Supervisor de topografía Área de calidad	Verificando físicamente en el área de trabajo Charlas semanales del encargado de seguridad al finalizar la guardia	Se debía reducir al mínimo el uso de equipo sin calibración Se notó un inadecuado llenado de los formatos	En el área de trabajo En el área de trabajo	Segundo semestre Segundo semestre
Reducir los daños por caídas en el equipo	Supervisor de topografía	Charlas diarias antes de iniciar los trabajos	Se observó que el personal no manipulaba adecuadamente el equipo al momento de trasladarlo	En el área de trabajo	Primer semestre
Hacer de uso exclusivo del equipo topográfico para el trabajo en el túnel	Jefe del Área de Topografía	Mediante una reunión se informó que los 2 equipos y 1 de respaldo eran solo para trabajos en el túnel	Porque se afectaba la vida del útil del equipo y se detenía el avance del trabajo topográfico	En el área de trabajo	Segundo semestre
Detectar a tiempo fallas en los Tribach	Supervisor de topografía	Haciendo un chequeo visual y manual	Era indispensable para los trabajos topográficos (era el soporte de la estación y los prismas)	En el área de trabajo	Segundo semestre
Minimizar los posibles errores	Supervisor de topografía	Calibrando el Nivel de Ingeniero semanalmente	Algunas veces se detectaron lecturas erróneas	En campo	Segundo semestre
Obtener una estabilidad óptima al momento de instalar el equipo topográfico	Supervisor de topografía	Inspección visual y manual	Para detectar alguna falla	En campo	Segundo semestre
Contar con disponibilidad del personal capacitado y habilitado	Jefe del Área de Topografía	A través de un comunicado oficial dirigido a todo el personal	Hubo jornadas con déficit de personal capacitado y habilitado para el ingreso al túnel	Área de trabajo	Tercer Semestre
Reducir el número de contagios por COVID	Área de Salud Ocupacional de la mina	Mediante pruebas al azar de manera semanal (estando en mina)	Porque así se reducía la tasa de contagio y no se contaba con el stock para hacer pruebas a todo el personal.	Área de trabajo	Primer Semestre
Incentivar al personal	Administración de la empresa Global Mapping	Mediante un comunicado a todo el personal	Para que el personal acepte las nuevas condiciones laborales (56X21+7 días de aislamiento)	Área de trabajo	Segundo semestre

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3. Mejoras Obtenidas

A continuación, se muestran los resultados cuantitativos de las mejoras puestas en práctica. Estos cuadros se muestran de manera completa en el Anexo 6; en esta sección solo se hará énfasis en las diferencias y avances realizados. Los periodos evaluados se fueron entre el 14 de febrero del 2020 y el 28 de mayo del 2021.

Cuadro de Datos Comunicación Portal de Entrada y Salida.

En este caso lo más relevante es el desfase, del cual se mostraron mejoras. Cabe resaltar que entre el desfase del portal de entrada (seis errores) y el portal de salida (15 errores), se observaron más errores en el portal de salida.

Cuadro de Datos Comunicación Portal de Entrada.

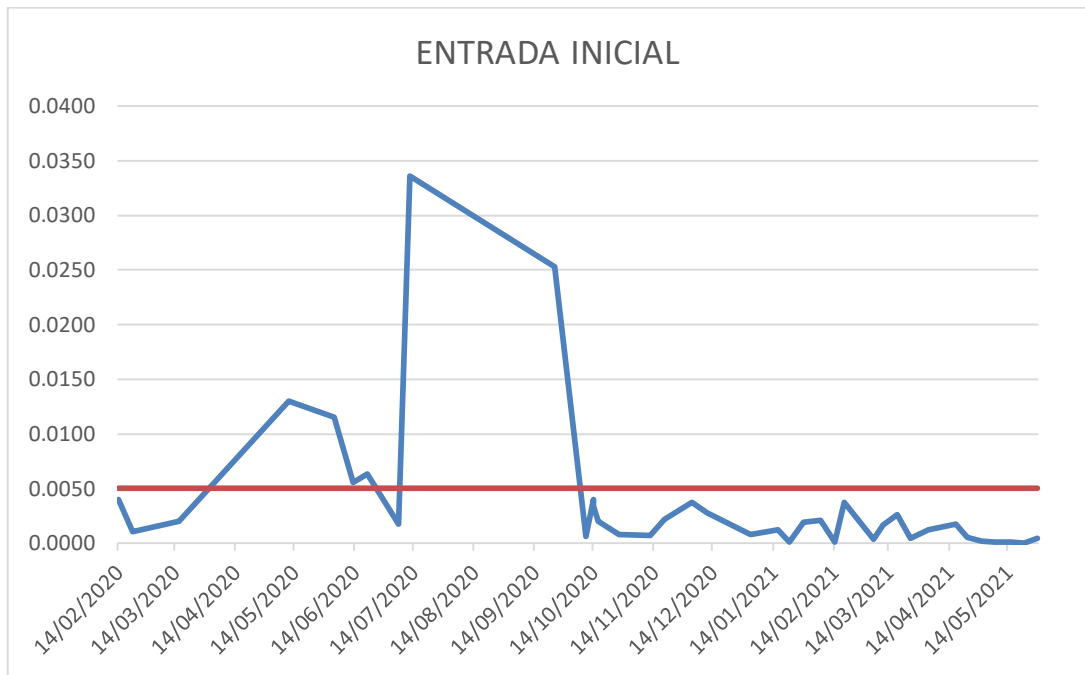
Se presenta el cuadro de datos replanteo - portal de entrada Túnel de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco. Se debe considera que el desfase se mide en metros; es decir las medidas equivalentes son: 0,001 = 1mm; 0,01 = 1cm; 0,1= 10cm, si los datos son positivos (+) es porque se pasó el área y/o volumen establecido, si los números son negativos (-) es porque falta llegar al área y/o volumen establecido en el diseño.

También es importante saber que el desfase o errores, deben ser menores o iguales a 5mm = 0,005 m.

- Desfase del Portal de Entrada - Antes de las Mejoras.

Figura 16

Comportamiento del Desfase del Portal de Entrada - Antes de las Mejoras



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 16, se observa que la mayoría de errores del portal de entrada inicial se dieron entre el inicio y la mitad de los periodos; esto muestra que hubo una curva de aprendizaje por parte de los colaboradores en el grupo encargado de la topografía; sin embargo, esto no implica que no se haya podido evitar los errores mencionados en el diagnóstico. Cabe señalar que, entre los periodos 14 de julio al 14 de octubre del 2020, los errores se mantuvieron.

Tabla 7

Estadísticos Descriptivos del Desfase del Portal de Entrada - Antes de las Mejoras

Estadísticos	Entrada Inicial
N	38
Mean	0,0038
Standard deviation	0,0068
Range	0,0336
Minimum	0,0000
Maximum	0,0336

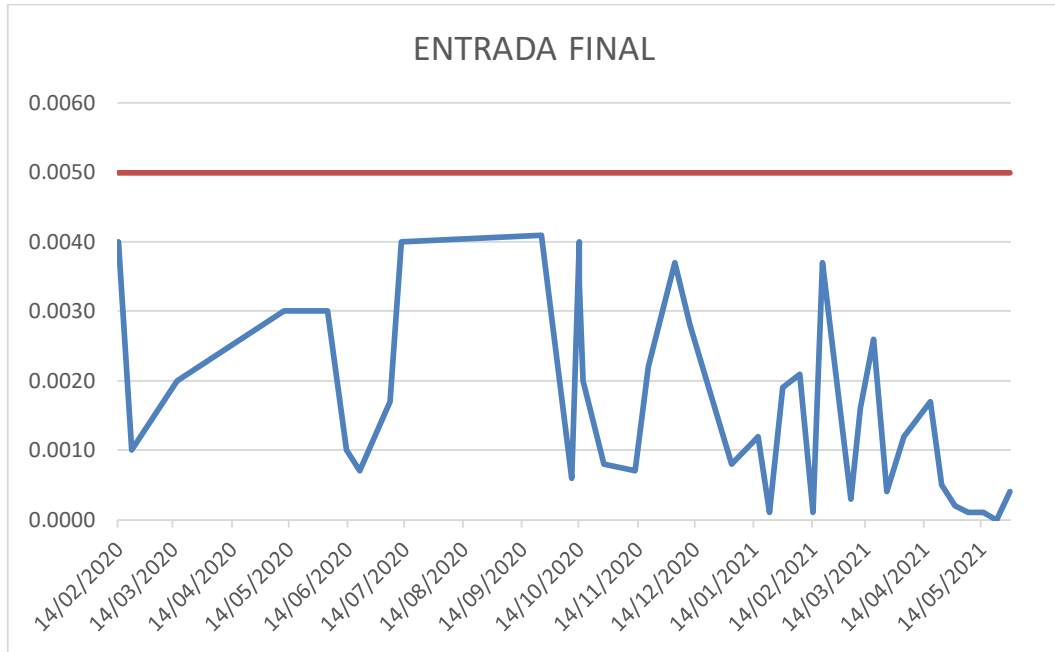
Fuente: Elaboración propia.

Los estadísticos descriptivos de la Tabla 7 muestran que se evaluaron 38 datos, el promedio fue de 0,0038 con una desviación estándar de 0,0068; el valor mayor fue de 0,0336 es decir 33,6 mm. mientras que el menor valor fue de 0,0000.

Desfase del Portal de Entrada – Después de las Mejoras

Figura 17

Comportamiento del Desfase del Portal de Entrada - Después de las Mejoras



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 17, se observa que desaparecieron los errores y están por debajo de 0,005 m. Esto fue posible gracias a las mejoras aplicadas.

Tabla 8

Estadísticos Descriptivos del Desfase del Portal de Entrada - Después de las Mejoras

Estadísticos	Entrada Final
N	38
Mean	0.0017
Standard deviation	0.0013
Range	0.0041
Minimum	0.0000
Maximum	0.0041

Fuente: Elaboración propia.

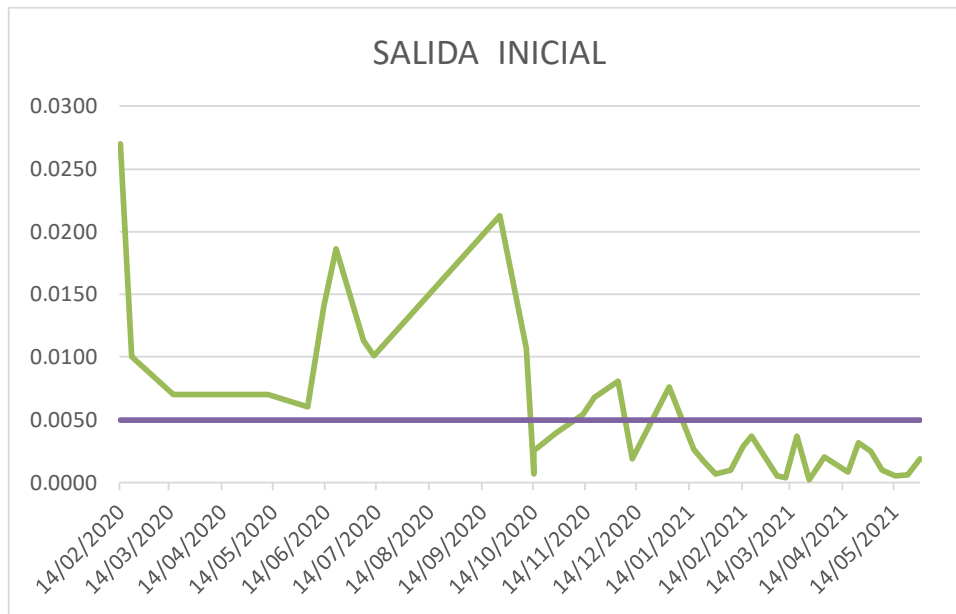
Los estadísticos descriptivos de la Tabla 8 muestran que se evaluaron 38 datos, el promedio fue de 0,0017 con una desviación estándar de 0,0013; el valor mayor fue de 0,0041 es decir 4,1 mm. mientras que el menor valor fue de 0,0000.

Cuadro de Datos Comunicación Portal de Salida.

- Desfase del Portal de Salida - Antes de las Mejoras

Figura 18

Comportamiento del Desfase del Portal de Salida - Antes de las Mejoras



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 18, de manera similar al portal de entrada; en el portal de salida se observa que la mayoría de errores se dieron entre el inicio y la mitad de los periodos, mostrando la curva de aprendizaje por parte de los colaboradores en el grupo encargado de la topografía.

Tabla 9

Estadísticos Descriptivos del Desfase del Portal de Salida - Antes de las Mejoras

Estadísticos	Salida Inicial
N	38
Mean	0.0056
Standard deviation	0.0062
Range	0.0268
Minimum	0,0002
Maximum	0.0270

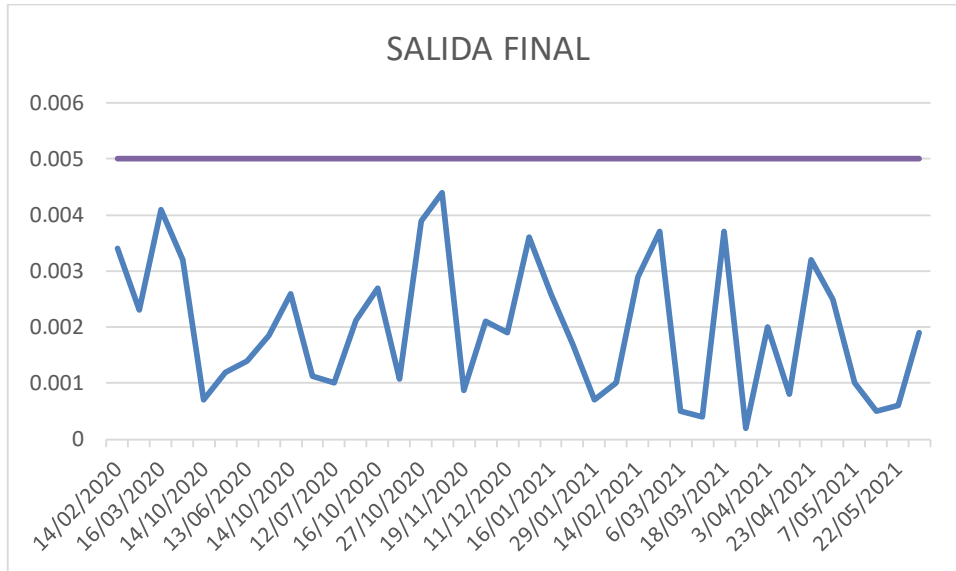
Fuente: Elaboración propia.

Los estadísticos descriptivos de la Tabla 9 muestran que se evaluaron 38 datos, el promedio fue de 0,0056 con una desviación estándar de 0,0062; el valor mayor fue de 0,0270 es decir 27 mm. mientras que el menor valor fue de 0,0002.

Desfase del Portal de Salida - Después de las Mejoras

Figura 19

Comportamiento del Desfase del Portal de Salida - Después de las Mejoras



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 19, se observa que desaparecieron los errores y están por debajo de 0,005 m. Esto fue posible gracias a las mejoras aplicadas.

Tabla 10

Estadísticos Descriptivos del Desfase del Portal de Salida - Después de las Mejoras

Estadísticos	Salida Final
N	38
Mean	0.0020
Standard deviation	0.0012
Range	0.0042
Minimum	0,0002
Maximum	0.0044

Fuente: Elaboración propia.

Los estadísticos descriptivos de la Tabla 10 muestran que se evaluaron 38 datos, el promedio fue de 0,0020 con una desviación estándar de 0,0012; el valor mayor fue de 0,0044 mientras que el menor valor fue de 0,0002.

4.4.4. Contraste de Hipótesis

La investigación cuenta con información cuantitativa y cualitativa; en ese sentido, el contraste de las hipótesis específicas se comprobó de forma cualitativa y la hipótesis general de forma cuantitativa. Siendo la comprobación de la hipótesis general una consecuencia de las hipótesis específicas.

Es decir, se ha descrito el proceso de trazo topográfico y las características del replanteo topográfico, luego se pudieron reducir las fallas en el proceso de

trazo y replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021.

Hipótesis Específicas.

En relación a la primera hipótesis específica:

- El trazo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021 se realizó de forma incorrecta.

A través de la data descrita y el diagnóstico realizado, se pudo corroborar que hubieron fallas durante el trazo topográfico, es decir, se realizó de forma incorrecta.

Se mostraron las fallas en función de: traslado de equipo, calibración del equipo (trimble), capacitación del personal para una adecuada manipulación, caídas en el traslado del equipo, tribach descalibrados, uso inadecuado del nivel de ingeniero, trípodes desgastados, errores humanos y ausencias, falta de supervisión por el área de seguridad, estrés de los trabajadores.

Respecto a la segunda hipótesis específica:

- Es posible describir las características del replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 – 2021.

Se realizó de forma correcta, detallándose plenamente las características del replanteo, donde se especificó: el alcance; equipos, herramientas y materiales; peligros y riesgos; medidas generales de

seguridad; personal asignado al trabajo; responsabilidades y funciones; procedimiento. Con lo cual se comprueba la hipótesis planteada

Hipótesis General

Con la propuesta de mejora, se redujo las fallas en el proceso de trazo y replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021.

A continuación, se realiza un contraste de las hipótesis, según los datos cuantitativos. Para ello se consideraron las siguientes características:

- Se cuenta con datos en dos periodos de tiempo, del Desfase del Portal de Entrada y Salida, en dos tiempos; es decir, dos muestras relacionadas (antes y después).
- Para escoger la prueba paramétrica o no paramétrica, se debe considerar la normalidad de la diferencia entre los dos grupos de datos, en este caso se usa la prueba Shapiro-Wilk porque se cuenta con menos de 50 datos.
- Si la distribución de los datos cuenta con normalidad, se usará la prueba paramétrica T-Student para Dos Muestras Relacionadas. Si los datos no cuentan con normalidad se utilizará la prueba Rangos con Signo de Wilcoxon.

Contraste de hipótesis de la mejora en el Comportamiento del Desfase del Portal de Entrada.

- Se establecen las hipótesis

H₀: No existen diferencias entre el Comportamiento del Desfase del Portal de Entrada antes y después de las mejoras.

H₁: Existen diferencias entre el Comportamiento del Desfase del Portal de Entrada antes y después de las mejoras.

- Pruebas de normalidad

Tabla 11

Pruebas de normalidad

Normality Test (Shapiro-Wilk)		W	p
Desfase Portal Entrada Inicial	- Desfase Portal Entrada Final	0.76	0,001

Nota. Para establecer que la distribución de los datos cuenta con normalidad el P-valor debe ser mayor al nivel de significancia (0,05).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 11, con un p-valor equivalente a 0,001, valor menor a la significancia (sig=0,05) se puede decir que: la diferencia entre el Desfase Portal Entrada Inicial y final, no cuenta con una distribución normal.

- Estadístico de Prueba

Tabla 12

Prueba no Paramétrica Rangos con Signo de Wilcoxon

Paired Samples T-Test		Statistic	p
Desfase Portal	Desfase Portal	Wilcoxon	
		104	0.01
Entrada Inicial	Entrada Final	W	

Nota. Para rechazar la hipótesis nula, el P-valor debe ser menor al nivel de significancia (0,05).

En la tabla 12, se presenta un p-valor equivalente a 0,01, valor menor a la significancia (sig=0,05) por lo tanto, con un 95% de confianza se rechaza la hipótesis nula y se puede decir que: Existen diferencias entre el Comportamiento del Desfase del Portal de Entrada antes y después de las mejoras.

Contraste de hipótesis de la mejora en el Comportamiento del Desfase del Portal de Salida.

- Se establecen las hipótesis

H₀: No existen diferencias entre el Comportamiento del Desfase del Portal de Salida antes y después de las mejoras.

H₁: Existen diferencias entre el Comportamiento del Desfase del Portal de Salida antes y después de las mejoras.

- Pruebas de normalidad

Tabla 13*Pruebas de normalidad*

Normality Test (Shapiro-Wilk)		W	p
Desfase Portal Salida Inicial	-	0.88	0.021
	Desfase Portal Salida Final		

Nota. Para establecer que la distribución de los datos cuenta con normalidad el P-valor debe ser mayor al nivel de significancia (0,05).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 13, con un p-valor equivalente a 0,021, valor menor a la significancia (sig=0,05) se puede decir que: la diferencia entre el Desfase Portal Salida Inicial y final, no cuenta con una distribución normal.

- Estadístico de Prueba

Tabla 14*Prueba no Paramétrica Rangos con Signo de Wilcoxon*

Paired Samples T-Test		Statistic	p
Desfase Portal Salida Inicial	Desfase Portal Salida Final	Wilcoxon W	189 < .001

Nota. Para rechazar la hipótesis nula, el P-valor debe ser menor al nivel de significancia (0,05).

En la tabla 14, se presenta un p-valor equivalente a 0,001, valor menor a la significancia (sig=0,05) por lo tanto, con un 95% de confianza se rechaza la hipótesis nula y se puede decir que: Existen diferencias entre el Comportamiento del Desfase del Portal de Salida antes y después de las mejoras.

4.5. Discusión de resultados

En este apartado se evaluarán los aspectos metodológicos utilizados para el desarrollo de la investigación y los resultados obtenidos. También se realiza un contraste entre los resultados hallados y los obtenidos por otros autores. Se realiza una crítica desde la perspectiva del autor sobre distintos aspectos relacionados a: la gestión, recurso humano, pandemia, sobre las estrategias utilizadas. Además, se brindaron una serie de recomendaciones en base a la experiencia del autor.

- **Sobre la metodología**

Los aspectos metodológicos desarrollados, permitieron obtener la información recabada bajo un diseño no experimental, porque la propuesta de mejora fue aplicada antes del inicio de la investigación.

Respecto a los instrumentos aplicados, se cree que fueron los más idóneos. Sin embargo, para las nuevas investigaciones se recomienda documentar los planes estratégicos con la finalidad de contar con mayor información.

- **Sobre el contraste de resultados**

Cabe destacar que fueron pocos los antecedentes relacionados con los aspectos topográficos del túnel.

Al comparar los resultados con otras investigaciones, Soto (2004) en su investigación titulada “Construcción de túneles” da a conocer que los principales factores que afectan en la construcción de túneles es la geología del terreno y los métodos de construcción, ambos profundamente vinculados a las características

del terreno en el cual se ubicará el túnel. Ante ello, el tipo de roca presente en la construcción del túnel correa de mineral grueso para el Proyecto Quellaveco, generó que se usara voladura. Sin embargo, en algunos casos la excavación sobrepasó los límites, afectando la construcción del túnel y acarreado ciertas demoras.

Por tanto, una acción estratégica fue la descrita por Dávila (2014) en su tesis titulada: “Construcción del túnel del proyecto Hidroeléctrico Victoria”; ante la presencia de roca de mala calidad, en las primeras etapas, requirieron de la excavación con fresadora, evitando las voladuras (así como las vibraciones y fuerzas de impacto correspondientes), previniendo futuros desprendimientos y fisuras de la roca madre.

En relación al presupuesto utilizado en la ejecución del proyecto, se precisó un total de 3 154 739 de soles. Cabe considerar que, el tiempo de excavación fue de 16 meses, desde octubre del 2012 a enero del 2014 dividido en 5 tramos diferenciado por el tipo de roca.

Asimismo, se considera que el método descrito para obtener la reducción de las fallas en el proceso de trazo y replanteo topográfico del túnel, ha sido el más adecuado; puesto que, se han descrito los requerimientos planteados por la empresa contratistas, una vez que se tuvo claro los detalles topográficos del túnel se procedió a realizar un diagnóstico de la problemática, luego se describieron las estrategias aplicadas y los detalles de cada estrategia, finalmente se muestran las mejoras a nivel cuantitativo.

Mamani (2016) en su tesis titulada: “Análisis, diseño y cálculo estructural del pique y túnel por el método de micropilotes en la sociedad minera Cerro Verde”, destaca que el método de excavación implementado fue el New Austrian Tunneling Method (NATM), el cual se basa en el sostenimiento preventivo a través del “método paraguas” el cual contribuye a garantizar la estabilización del terreno, a través del enfilaje de micropilotes Symmetrix P-89 en la corona del túnel, distanciados a 9,00 metros y contando con una longitud de 3,00 metros de traspale. Una vez terminadas las actividades iniciales, el área de topografía se encargará del trazo y replanteo topográfico, a través de la marcación (coordenadas y cotas de elevación) de los ejes de cada micropilote para la correspondiente perforación del enfilaje con ayuda de un Telehandler o Manlift.

Córdova y Suere (2020) desarrollaron su tesis titulada: “Construcción del túnel Vilcapoma para el drenaje de aguas subterráneas por el nivel 1300 en la Unidad Minera San Vicente”, a través de esta se concluye que el presupuesto a utilizar en caso el proyecto se lleve a cabo, se utilizaría \$10 843 068. Cabe destacar que la mano de obra, refiriéndose específicamente a la labor minera tiene un presupuesto de \$5 687 760 en movilización, estudios, permisos, costos de construcción e infraestructura. De manera similar Maque (2015) desarrolló su tesis titulada: “Diseño y construcción de cámara de carga subterránea Proyecto Central Hidroeléctrica Santa Teresa Urubamba - Cusco”, resalta que el presupuesto que se le asignó al proyecto fue de 6 434 089,56 de soles y se programó su ejecución para 3 años de un túnel de 4km con una sección de 6.5m x 6.5m.

Aguirre (2013) en su tesis titulada: "Gestión de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente en la construcción de la vía de acceso al yacimiento minero San Sebastián" da a conocer que el presupuesto utilizado en la ejecución de la vía, se usó un total de S/ 812 385,40, por otro lado, el presupuesto utilizado para la ejecución de Ssoma fue de 64 346,08.

▪ **Los resultados de la investigación**

Los resultados se reflejan en las mejoras realizadas al desfase del portal de entrada y de salida. El portal de entrada contaba con seis errores. El desfase del Portal de Entrada antes de las mejoras contaba con un promedio de 0,0038 y una desviación estándar de 0,0068; luego de la aplicación de mejoras, el desfase del Portal de Entrada alcanzó un promedio de 0,0017 y una desviación estándar de 0,0013; es decir, de manera general hubo una mejora del 55,26%.

El Portal de Salida contaba con 15 errores. El desfase del Portal de Salida antes de las mejoras contaba con un promedio de 0,0056 y una desviación estándar de 0,0062; luego de la aplicación de mejoras, el Portal de Salida alcanzó un promedio de 0,0020 con una desviación estándar de 0,0012; es decir, de manera general hubo una mejora del 64,29%.

Las mejoras obtenidas fueron gracias a la implementación de las acciones estratégicas descritas anteriormente; cabe resaltar que cuando se hallaba el error, este se solucionaba casi al momento, porque la respuesta era casi inmediata; aproximadamente se demoraban 2 días en establecer las mejoras y entregar una copia para el conocimiento del área de topografía. A la vez, la calibración por parte de la casa matriz demoraba 2 semanas en ser atendida.

Además, se pudo realizar pruebas estadísticas para el contraste de hipótesis; con un p-valor equivalente menor a la significancia ($\text{sig}=0,05$) por lo tanto, con un 95% de confianza se comprueba que existen diferencias entre el comportamiento del desfase del portal de entrada y salida, antes y después de las mejoras. Lo cual comprueba que la implementación de la mejora si tuvo efectos positivos en la reducción de las fallas en el proceso de trazo y replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021.

▪ **Sobre la gestión**

Acerca de la gestión realizada por las diferentes empresas intervinientes, para la elaboración del túnel correa de mineral grueso para el Proyecto Quellaveco; se hace hincapié en que se debe considerar una mejor coordinación entre estas empresas, sin afectar el avance de cada una de ellas; puesto que todas las empresas quieren avanzar y llegar a sus metas. Específicamente, en el aspecto topográfico, se requiere espacio libre dentro del túnel, que no haya voladura en ese momento ni trabajos.

Cabe mencionar que, el personal que se encuentra trabajando para otras empresas dentro del túnel, dilatan el tiempo y exigen aspectos formales para que la cuadrilla de topógrafos pueda ingresar para desarrollar sus actividades. De esta manera, se generaron cuellos de botella y ante eso, se podría mejorar la comunicación entre las áreas como las empresas (FLUOR CORPORATION) quienes eran los encargados de la construcción del Proyecto Quellaveco.

El área de topografía (Global MAPPING), trabaja directamente con FLUOR CORPORATION. Solo cuando se encontraba algún tipo de desviación en los puntos importantes (como los puntos de control BM y TC) se paralizaban las demás tareas para darle prioridad al replanteo topográfico.

▪ **Sobre el personal**

Al observar el recurso humano, se resalta que los topógrafos, siempre contaban con la experiencia certificada y eso facilitó el cumplimiento de las estrategias desarrolladas, para el logro del trabajo mancomunado y la obtención de logros. En ese sentido, se decidió trabajar con un mismo tipo de máquina (Estación total s5) marca trimble; se acordó realizar el levantamiento topográfico con el mismo tipo de brazo; es decir, se compartió el brazo y prisma trimble; cuando se hacía los puntos de control y auxiliares, se acordó comunicar al área de topografía (Global Mapping) para verificar dichos puntos y corroborar la medición de acuerdo a lo planteado en su protocolo para posteriormente liberarlo y darle uso a dicho punto.

Cualquier modificación interna de la ubicación de los puntos se tenía que comunicar para evitar errores. Ante cualquier corrección, se debía informar dicha corrección de la data, para que ambas empresas cuenten con la misma data y evitar posibles errores. Es importante destacar que los colaboradores siempre estuvieron dispuestos a cumplir con las especificaciones y sugerencias brindadas, porque siempre se les hizo saber que el cumplimiento de metas de la empresa, y a la vez facilitaría el cumplimiento de los pagos.

▪ **Sobre la Pandemia**

Durante la construcción del túnel, se declaró el estado de emergencia sanitaria y el inicio de la pandemia. El efecto de la pandemia, definitivamente trajo consigo cambios relevantes en la productividad, debido a las bajas del personal y el estrés mostrado por los colaboradores. Por ejemplo, hubo un momento, donde no se trabajó durante dos semanas y se requerían más recursos para satisfacer sus necesidades de bioseguridad. En ese sentido, la empresa beneficio a sus colaboradores en todo lo que pudo y brindó las facilidades necesarias para que el personal se sienta seguro dentro y fuera del túnel, hasta donde los recursos de la empresa lo permitieron. Asimismo, el proyecto inició en agosto del año 2019; inicialmente, se había proyectado que la construcción del túnel duraría 18 meses, para ser terminada en enero del 2021; sin embargo, debido a la pandemia la construcción se retrasó y se culminó en junio del 2021. Demorando 5 meses más. Es importante mencionar que, debido a la pandemia, el número de personal se redujo entre un 40% a 50% aproximadamente; lo cual ralentizó la construcción del túnel.

Entre los meses de junio y diciembre del 2021 se realizaron las reparaciones de algunas zonas dentro del túnel, estas reparaciones estaban relacionadas con la sección del túnel y la subsanación de algunas observaciones. Se realizó la subrasante y rasante del piso del túnel. Mientras el túnel paró por completo en ambos portales salida y entrada todo el mes de abril del 2020, se retomaron las actividades en el portal entrada el mes de mayo, luego el portal de salida. Es importante destacar que la tolerancia de excavación sección horizontal fue de 20mm y excavación sección vertical fue de 15mm.

- **Sobre las estrategias aplicadas**

Las estrategias aplicadas, partían del área de calidad de Global Mapping; estas modificaciones eran implementadas por el área de calidad, en cuanto al traslado y manipulación del equipo en campo. A la vez, se realizaron reuniones para brindar la capacitación necesaria dentro del equipo topográfico, para el llenado de formatos y cumplir con los nuevos procesos.

- **Recomendaciones dirigidas a la empresa**

La minimización de fallas, es posible siempre que se cumplan los procesos desde el principio del proyecto. Incluso si el personal es nuevo, debiéndose cumplir estrictamente la normativa y optar por reducir los errores al máximo posible. Donde se deben tener algunas consideraciones muy importantes como, por ejemplo, respetar las fechas para la calibración de los equipos y su mantenimiento respectivo, no se debe dejar pasar por alto, porque más adelante se pueden crear cuellos de botella que perjudiquen el cumplimiento de los tiempos. Estas acciones deben estar alineadas con la reducción de los errores y evitar paralizar el trabajo de manera innecesaria.

La capacitación al personal y la repetición de las recomendaciones, fueron necesarias antes de la jornada laboral, porque así los colaboradores interiorizaron de manera adecuada la manipulación de los equipos y cuidaron de mejor manera el traslado de los equipos en campo, para reducir las posibles fallas y daños en los equipos.

La revisión constante de los puntos, implica el uso de los equipos, pagos al personal y dilatación del tiempo; por ello, es importante reducir al mínimo los errores. De otra manera, la empresa tendría que asumir los sobrecostos.

De esta manera se logró mejorar el trazo y replanteo de correa de mineral grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021.

CONCLUSIONES

PRIMERA

A través de la aplicación de una serie de instrumentos, como la hoja de codificación, la guía de entrevista y las fichas de localización se recopiló toda la información mostrada en la investigación; a través de la cual, se describieron las características del trazo y replanteo topográfico del túnel correa de mineral grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021. Durante este proceso de trazo y replanteo topográfico se hallaron diversas falencias que fueron corregidas, con la implementación de una serie de estrategias; dichas estrategias se basaron en: Mejorar el traslado del equipo, control de calibración del equipo, capacitar al personal para un mejor seguimiento de los formatos establecidos para realizar los trabajos topográficos, reducir los daño por caídas en el equipo, hacer de uso exclusivo del equipo topográfico para el trabajo en el túnel, detectar a tiempo fallas en los tribach, minimizar los posibles errores, obtener una estabilidad óptima al momento de instalar el equipo topográfico, contar con disponibilidad del personal capacitado y habilitado, reducir el número de contagios por covid, incentivar al personal.

Con ayuda de la técnica 5W + 1H se indicó quién fue el responsable de cada estrategia, dónde se aplicó la estrategia, en qué momento, de qué manera y porque se realizaba. De esta manera se llevaron a cabo todos los cambios planteados. Además, se realizó un contraste de hipótesis con la prueba estadística no paramétrica Rangos con Signo de Wilcoxon, se realizó el contraste de hipótesis; con un p-valor equivalente menor a la significancia ($\text{sig}=0,05$) y un

95% de confianza se comprobó que existen diferencias entre el comportamiento del desfase del portal de entrada y salida, antes y después de las mejoras. Confirmando que la implementación de la mejora si tuvo efectos positivos en la reducción de las fallas en el proceso de trazo y replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 – 2021.

SEGUNDA

Las características del trazo topográfico del túnel correa de mineral grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021 se describieron en la medida que la empresa brindó la información requerida, en ese sentido se logró describir cada requerimiento previamente establecido: el Alcance de los servicios y las instalaciones temporales para la construcción - túnel correa overland, las especificación técnica de excavaciones subterráneas ingeniería de detalle del sistema de disposición de relaves y túnel correa, la medición de convergencias en túnel, el procedimiento de trazo y replanteo topográfico en túneles, el diseño de túnel inicial y final. toda esta información fue relevante para conocer acerca del trazo topográfico en el túnel correa overland.

TERCERA

La característica principal del replanteo topográfico del túnel correa de mineral grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021 halladas fueron relacionadas a los trabajos de replanteo preliminar y de replanteo continuo. En los trabajos de replanteo preliminar, se hizo un replanteo de los ejes de acuerdo a los datos existentes en los planos aprobados para construcción. Siendo en los portales de ingreso y salida de cada túnel se utilizarán estacas en los hombros de talud y

también se señalará el eje del túnel para la visualización en campo de la ubicación exacta; inmediatamente después de haber trazado los ejes del túnel se comunicará al cliente para que se haga un chequeo en conjunto y dé fe que la ubicación de dicha estructura es correcta de acuerdo a los datos que figuran en los planos aprobados para construcción. En caso exista incompatibilidad de los planos con el campo se tendrá que realizar el levantamiento topográfico necesario. Los datos de campo y/o secciones se registraron en el equipo topográfico.

Respecto al replanteo continuo, se definieron en fases muy marcadas para cada etapa, los cuales se repitieron a lo largo de toda la construcción de los túneles. Luego de la ventilación y desatado de rocas en el frente por parte del área de producción, se ingresaron al frente para realizar las siguientes labores topográficas: chequeo de la sección de avance luego del disparo y toma de datos para el reporte correspondiente. En caso no hubiera ningún punto de roca dentro de la sección teórica, se procederá a realizar el seccionamiento en roca para tener el registro de la sección exacta luego del disparo.

Si, por el contrario, hubiera puntos de roca dentro de la sección teórica, se marcará cada punto con pintura para que se realice el desquinche y/o eliminación de las zonas indicadas que corresponden; posteriormente, luego de esta labor, se ingresará nuevamente para realizar el seccionamiento respectivo y liberar el área para la colocación del shotcrete preventivo en las zonas que corresponda de acuerdo al tipo de roca luego de la evaluación geológica. Después de la colocación del shotcrete preventivo en las zonas que corresponda, se ingresará para realizar la marcación del frontón para la siguiente perforación y disparo.

RECOMENDACIONES

PRIMERA

A pesar de los visibles cambios que se pudieron obtener para el proceso de trazo y replanteo topográfico, es necesario brindar algunas recomendaciones que puedan aplicarse a futuras creaciones de túneles. La minimización de fallas al mínimo, es posible siempre que se cumplan los procesos desde el principio del proyecto; a pesar que el personal sea nuevo, se debe ser más estricto en el cumplimiento de la normativa y optar por reducir los errores al máximo posible. Por otra parte, se deben respetar las fechas para la calibración de los equipos y de mantenimiento, no se debe dejar pasar por alto, porque más adelante se pueden crear cuellos de botella que perjudiquen el cumplimiento de los tiempos. Estas acciones deben estar alineadas con la reducción de los errores y evitar paralizar el trabajo de manera innecesaria.

SEGUNDA

La capacitación al personal y la repetición de las recomendaciones, fueron necesarias antes de la jornada laboral, porque así los colaboradores interiorizaron de manera adecuada la manipulación de los equipos y cuidaron de mejor manera el traslado de los equipos en campo, para reducir las posibles fallas y daños en los equipos.

TERCERA

Revisar constantemente los puntos, considerando el óptimo cumplimiento de los procesos relacionados al uso de los equipos, pagos al personal y tiempo, evitando que la empresa tenga sobrecostos, evitando al mínimo los errores.

REFERENCIAS

- Aguirre, A. E. (2013). *Gestión de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente en la construcción de la vía de acceso al yacimiento minero San Sebastián* [Tesis profesional, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann].
<http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2938>
- Chase, R., Jacobs y Aquilano. (2010). *Administración de operaciones* (13a. ed.): Producción y cadena de suministros.
- Consortio GyM-OSSA. (2020). *Procedimiento de trazo y replanteo topográfico en túneles*.
- Cordova, V. M. y Suere, L. A. (2020). *Construcción del túnel Vilcapoma para el drenaje de aguas subterráneas por el nivel 1300 en la Unidad Minera San Vicente* [Tesis profesional, Universidad Continental].
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8746>
- Dávila, R. X. (2014). *Construcción del túnel del Proyecto Hidroeléctrico Victoria*. [Tesis profesional, Universidad Central del Ecuador].
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2583>
- Elivo, F. G. y Molina, E. M. (2014). *Topografía de puentes y tuneles* [Tesis profesional, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureño].
<https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/831>
- Espinosa, K. J., Hernández, A. y Mantilla, E. (2016). *La participación de la minería y sus beneficios económicos en Colombia y Perú*. In *Vestigium Ire*, 10(1), 208-228.
<http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ivestigium/article/view/1188>

- Estruch, M. y Tapia, A. (2003). *Topografía subterránea para minería y obras* (Primera edición). Edicions UPC.
<https://core.ac.uk/download/pdf/41821057.pdf>
- Fajardo, J. P. (2018). *Tecnología para producir información espacial en proyectos de construcción de túneles viales en Colombia* [Tesis profesional, Universidad Católica de Colombia].
<https://core.ac.uk/download/pdf/160741324.pdf>
- Hergenrether, P. D. (2017). *Consideraciones geomecánicas en el diseño de secciones tipo para un túnel minero*.
<https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/43716>
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (Quinta Edición). Editorial McGraw Hill Education.
- Mamani, H. M. (2016). *Análisis, diseño y cálculo estructural del pique y túnel por el método de micropilotes en la sociedad minera Cerro Verde* [Tesis profesional, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/1908>
- Maque, D. F. (2015). *Diseño y construcción de cámara de carga subterránea Proyecto Central Hidroeléctrica Santa Teresa Urubamba - Cusco* [Tesis profesional, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/143>
- Mejía, E. (2005). *Metodología de la Investigación Científica* (Primera).
- Ministerio de Energía y Minas de Colombia. (2015). *Glosario Técnico Minero*.
<https://cutt.ly/QSuTYRn>

- Ñaupas, H., Valdivia, M. R., Palacios, J. J. y Romero, H. E. (2019). Metodología de la Investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis. Ediciones de la U.
- RAE. (2021). «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario [Educativa]. Real Academia Española. <https://dle.rae.es/acción>
- Salinas, D. (2017). *Trabajos topográficos en la ejecución de túneles para carreteras y ferrocarriles* [Trabajo final de grado, Universitat Politècnica de València]. <https://cutt.ly/ZSuTOqC>
- Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (2016). *Manual de diseño y construcción de túneles de carretera*. <https://cutt.ly/WSuTAyL>
- Soto, P. R. (2004). *Construcción de túneles* [Tesis profesional, Universidad Austral de Chile]. <https://cutt.ly/HSuTDZE>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: Trazo y replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	MARCO METODOLÓGICO
<p><u>Problema general:</u></p> <p>¿Cuáles son las fallas en el proceso de trazo y replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 – 2021?</p>	<p><u>Objetivo general:</u></p> <p>Reducir las fallas en el proceso de trazo y replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 – 2021 a través de una propuesta de mejora.</p>	<p><u>Hipótesis General:</u></p> <p>Una propuesta de mejora, permitirá reducir las fallas en el proceso de trazo y replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 – 2021.</p>	<p>Variable (1):</p> <p>“Trazo topográfico del Túnel”</p> <p><u>Definición:</u> Corresponde a las actividades de trazo y alineamiento de los túneles a construir.</p>	<p>Trabajo de Cuadrilla de topografía</p> <p>Verificación constante</p> <p>Marcación para los servicios</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Marcación de los frentes – Control de alineamiento horizontal y vertical – Seccionamientos en roca – Seccionamiento en shotcrete – Poligonales en interior – Verificación constante de los puntos de apoyo de interior túnel – Enlazado con los BM (Bench Mark) al ingreso y salida de cada túnel. – Marcación para los diferentes servicios. – Trazo, replanteo y ubicación en campo de los portales – Replanteo de los ejes – Chequeo en conjunto – Levantamiento topográfico – Puntos Principales – Puntos auxiliares – Nivelación geométrica – Mediciones de diferencia de elevación 	<p><u>TIPO Y NIVEL:</u> La investigación es de tipo aplicada. Nivel descriptivo.</p> <p><u>POBLACIÓN:</u> La población está compuesta por la documentación, correspondiente a los trabajos de Trazo y Replanteo Topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 – 2021.</p> <p><u>MUESTRA:</u> No se realiza algún tipo de muestreo, se trabajará con la población.</p> <p><u>TÉCNICA E INSTRUMENTOS:</u> Se utilizará la hoja de codificación, la guía de entrevista, fichas de localización.</p>
<p><u>Problemas específicos:</u></p> <p>A. ¿Cuáles son las características del trazo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021?</p> <p>B. ¿Cuáles son las características del replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 - 2021?</p>	<p><u>Objetivos específicos:</u></p> <p>A. Describir las características del trazo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 – 2021.</p> <p>B. Describir las características del replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 – 2021.</p>	<p><u>Hipótesis específicas:</u></p> <p>A. El trazo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 – 2021 se realizó de forma incorrecta.</p> <p>B. Es posible describir las características del replanteo topográfico del Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco, 2018 – 2021, se realizó de forma correcta.</p>	<p>Variable (2):</p> <p>“Replanteo topográfico del Túnel”.</p> <p><u>Definición:</u> Actividades posteriores al diseño, que consiste en plasmar en campo el diseño aprobado de los túneles.</p>	<p>Trabajos preliminares</p> <p>Replanteo continuo</p> <p>Nivelación de BM</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Trazo, replanteo y ubicación en campo de los portales – Replanteo de los ejes – Chequeo en conjunto – Levantamiento topográfico – Puntos Principales – Puntos auxiliares – Nivelación geométrica – Mediciones de diferencia de elevación 	<p><u>MUESTRA:</u> No se realiza algún tipo de muestreo, se trabajará con la población.</p> <p><u>TÉCNICA E INSTRUMENTOS:</u> Se utilizará la hoja de codificación, la guía de entrevista, fichas de localización.</p>

Anexo 2. Instrumentos utilizados para la recolección de información

Hoja de codificación

CUADRO DE DATOS REPLANTEO - PORTAL DE ENTRADA TUNEL CORREA OVERLAND														
DATA DE CAMPO											GABINETE			
FECHA	PROGRESIVA	VISTA ATRÁS			ESTACIONAMIENTO			PUNTO REPLANTEO (PROYECTADO)			DISTANCIA RESTANTE (m)	VERTICE REPLANTEO	DESFACE	LADO
		PUNTO	NORTE	ESTE	PUNTO	NORTE	ESTE	PUNTO	NORTE	ESTE				

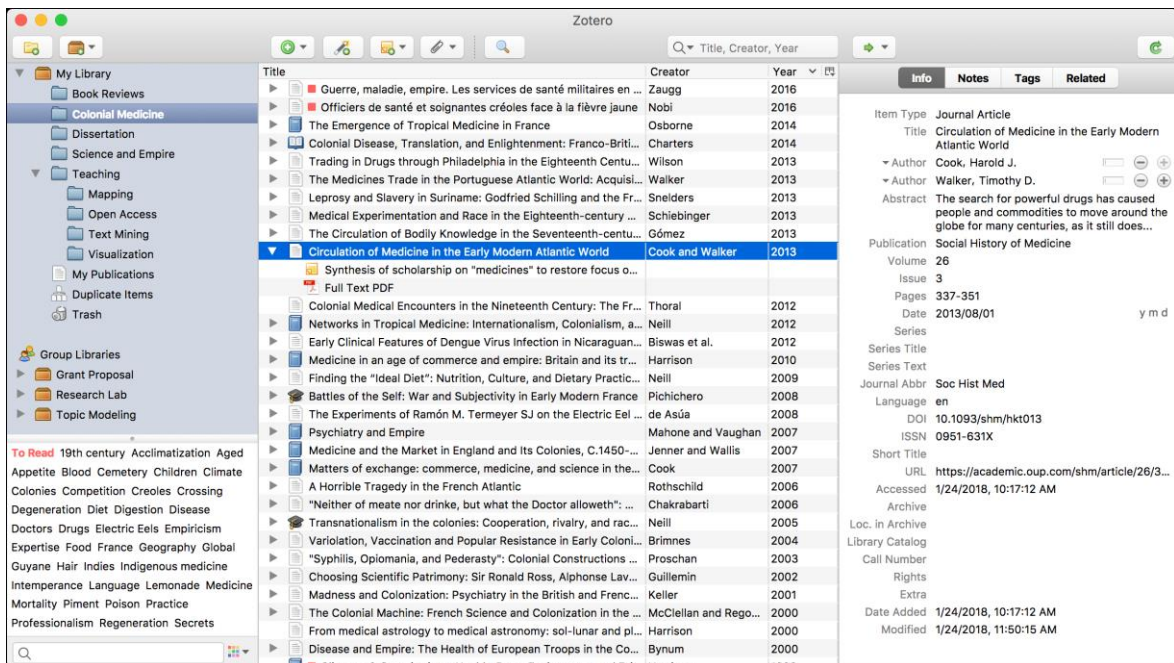
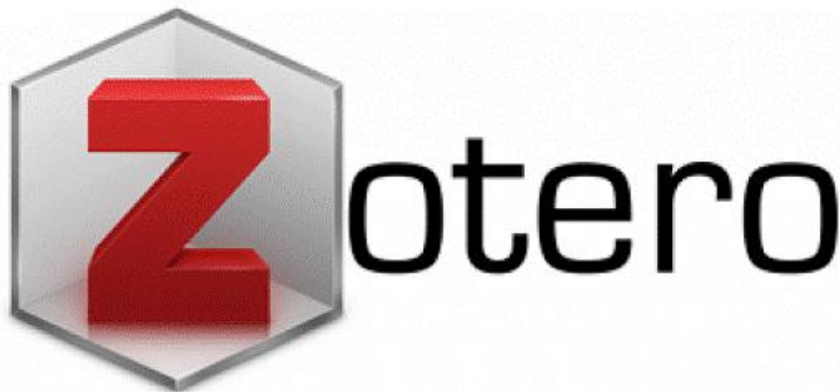
Guía de entrevista

Buenos días, por favor contestar de manera honesta, la información recopilada es ANÓNIMA y será utilizada para la elaboración de la tesis titulada "TRAZO Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO DEL TÚNEL CORREA DE MINERAL GRUESO PARA EL PROYECTO QUELLAVECO, 2018 - 2021."

1. ¿Cuáles son los errores o fallas en el proceso de trazo y replanteo, observados en el Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco?
2. ¿Cuáles son las mejoras realizadas para el proceso de trazo y replanteo en el Túnel Correa de Mineral Grueso para el Proyecto Quellaveco?

Fichas de localización

Las fichas de localización físicas, las referencias bibliográficas se guardaron en el Software Zotero, especializado en administrar las referencias bibliográficas, lo cual nos permitió almacenar las referencias, ordenar, compartir, entre otras funciones.



Anexo 3. Formatos utilizados para la evaluación de los equipos y otros

Control se asistencia

X	REGISTRO		
	GESTIÓN DE CALIDAD		Nro Registro:
	CONTROL DE ASISTENCIA DE CAPACITACIÓN		Fecha Registro:
		Página : de:	
CÓDIGO Y NOMBRE DEL PROYECTO: 1878 "TUNEL CORREA DE MINERAL GRUESO" Y "TUNELES PARA CANAL DE TRANSPORTE DE RELAVES"			
COMPAÑIA: Servicios de Minería INC		Nº DE CONTRATO: [REDACTED]	
TEMA:			
IMPARTIDO POR:		INICIO :	FIN:
		T. TOTAL:	
ITEM	NOMBRE Y APELLIDOS	CATEGORÍA	FIRMA
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
Expositor		Jefe de Calidad [REDACTED]	
Firma:		Firma:	
Nombre:		Nombre:	
Cargo:		Cargo:	
Fecha:		Fecha:	

Verificación de Nivel Óptico

X	REGISTRO					
	AREA DE TOPOGRAFÍA		Revisión : 00			
	VERIFICACION DE NIVEL OPTICO		Fecha : 02/03/2019			
			Página : 1 de 1			
CÓDIGO Y NOMBRE DE PROYECTO: 1878 - Túnel Correa de Mineral Grueso y Túneles para Canal de Transporte de Relaves						
COMPañIA: Servicios de Minería INC	N° DE CONTRATO:	N° DE REGISTRO:	FECHA:			
UBICACIÓN:		SECTOR/ZONA:				
EQUIPO :						
MARCA/FABRICANTE:						
MODELO:		N° SERIE:				
FECHA DE CALIBRACIÓN:		FECHA DE PRÓXIMA CALIBRACIÓN:				
RESPONSABLE DE TOPOGRAFÍA:						
INSTRUCCIONES: Se determinará una longitud de 50 m a 100 m. El equipo se estacionará en el punto medio; y se tomarán los niveles de ambos extremos. Luego, se estacionará el equipo a 3 m de uno de los extremos, tomando nuevamente lecturas de ambos extremos. Por ejemplo si llamamos A y B a los extremos: 1. Tenemos en la primera lectura A.AAA m en A y B.BBB m en B, tenemos una diferencia de C.CCC m. 2. En la segunda lectura: A'.A'A'A' m en A' y B'.B'B'B' m en B', tenemos una diferencia de C'.C'C'C' m. 3. Por lo tanto, el error de lectura del nivel en una longitud de 50 m a 100 m será $I C.CCC - C'.C'C'C' I = D.DDD$ m.						
Los resultados tomados deberán ser registrados por lo topógrafos por lo menos una vez cada 15 días, así los errores serán menores o iguales a 5 mm. Una variación constante, mayor a (+/-) 3 mm deberá significar que es necesario volver a calibrar dicho instrumento.						
ESTACION 1		ESTACION 2		ERROR		
A	B	C	A'	B'	C'	D
		IA-BI			IA' - B'I	IC' - C'I
Topografía Contratista	Jefe de Topog. Contratista	Topografía SMI	QA Repr. Cia/SMI			
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:			
Nombre:	Nombre:	Nombre:	Nombre:			
Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:			

Plano y Certificado de Brazo Poligonal de Acero Inoxidable

VISTA INTERIOR

VISTA EXTERIOR

**BRAZO DE ACERO INOXIDABLE
 CON ORIFICIO PARA INGRESO
 DE VARILLA DE 5/16 CON BASE
 DE ALUMINIO DE 1/2 Y ROSCA DE 5/8**

NOTAS

1.- TODAS LAS MEDIDAS SE TOMAN DE LOS EXTREMOS DE LOS TUBOS, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 2.- EN LOS CASOS DE TUBOS SE DEBE MENCIONAR EL MATERIAL, EL DIAMETRO Y LA LONGITUD.
 3.- COMPROBADO POR: _____

SEGURIDAD "CERO ACCIDENTES"

PELIGROS

PARA USO INTERNO LA CONSULTORA

USO DE EPP'S

1. SE DEBE PORTAR EL EPP'S
 2. SE DEBE PORTAR EL EPP'S
 3. SE DEBE PORTAR EL EPP'S

1. CASACA DE ALACRIL
 2. GUANTES DE COTON
 3. CALZADO DE SEGURIDAD

MATERIALES DE DOCUMENTACION		MATERIALES DE DOCUMENTACION	
ITEM	DESCRIPCION	ITEM	DESCRIPCION
01	...	01	...

MATERIALES DE DOCUMENTACION		MATERIALES DE DOCUMENTACION	
ITEM	DESCRIPCION	ITEM	DESCRIPCION
01	...	01	...

PROYECTO CERRO DEL AGUILA

LABORANTE	FECHA	PROYECTO	FECHA	FECHA	FECHA
...

MATERIALES TOPOGRAFICOS
 BRAZO POLIGONAL DE ACERO

NO. DOCUMENTACION	FECHA	NO. DOCUMENTACION	FECHA
MATERIALES_TOPOGRAFICOS	01		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
Av. Independencia s/n telef. (066) - 315585 Anexo 151
AYACUCHO - PERU



**CERTIFICADO DE FUNCIONABILIDAD DE BRAZO
POLIGONAL DE ACERO INOXIDABLE CON VARILLA DE
SUJECIÓN.**

Después de haber realizado la prueba de campo correspondiente.

LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA ATREVES DE SU FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL EN LA ESPECIALIDAD DE ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS:

certifica la funcionalidad del "BRAZO POLIGONAL FABRICADO EN ACERO INOXIDABLE CON VARILLA DE SUJECIÓN", otorgando mayor precisión en la obtención de datos en las poligonales abiertas y cerradas en obras subterráneas y mejorando la orientación de la verticalidad y horizontalidad de estas.

la universidad deja constancia que se otorga este documento a solicitud de la empresa [REDACTED] E.I.R.L, con R.U.C. [REDACTED] para fines necesarios, teniendo total autonomía. asimismo, aclaramos que su uso externo por entidades distintas a la mencionada no es avalado por la institución que represento.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

Mg. Edmundo Campos Arzapala
DIRECTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
Av. Independencia s/n Teléf. (066) – 315585 Anexo 151
AYACUCHO – PERÚ



**CERTIFICADO DE FUNCIONABILIDAD TAMBOR DE ACERO
INOXIDABLE.**

Después de haber realizado la prueba de campo correspondiente.

LA UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA A TRAVÉS DE SU FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL EN LA ESPECIALIDAD DE ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS:

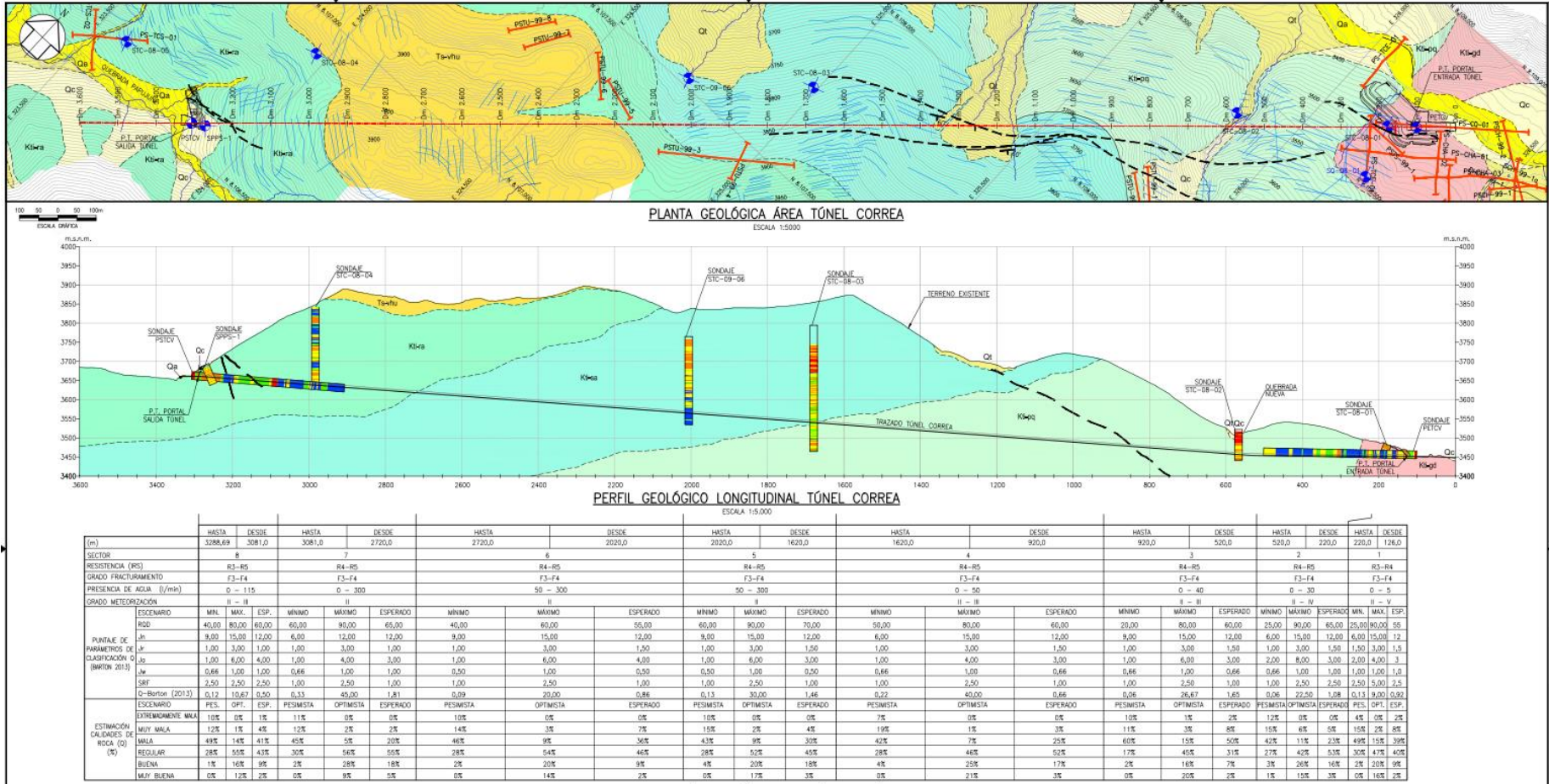
certifica la funcionalidad del “TAMBOR DE ACERO INOXIDABLE”, el cual sirve como punto de apoyo temporal de accesorios para trabajos topográficos otorgando mayor precisión en la obtención de datos.

la universidad deja constancia que se otorga este documento a solicitud de la empresa E.s.R.L, con R.U.f. para fines necesarios, teniendo total autonomía. asimismo, aclaramos que su uso externo por entidades distintas a la mencionada no es avalado por la institución que represento.

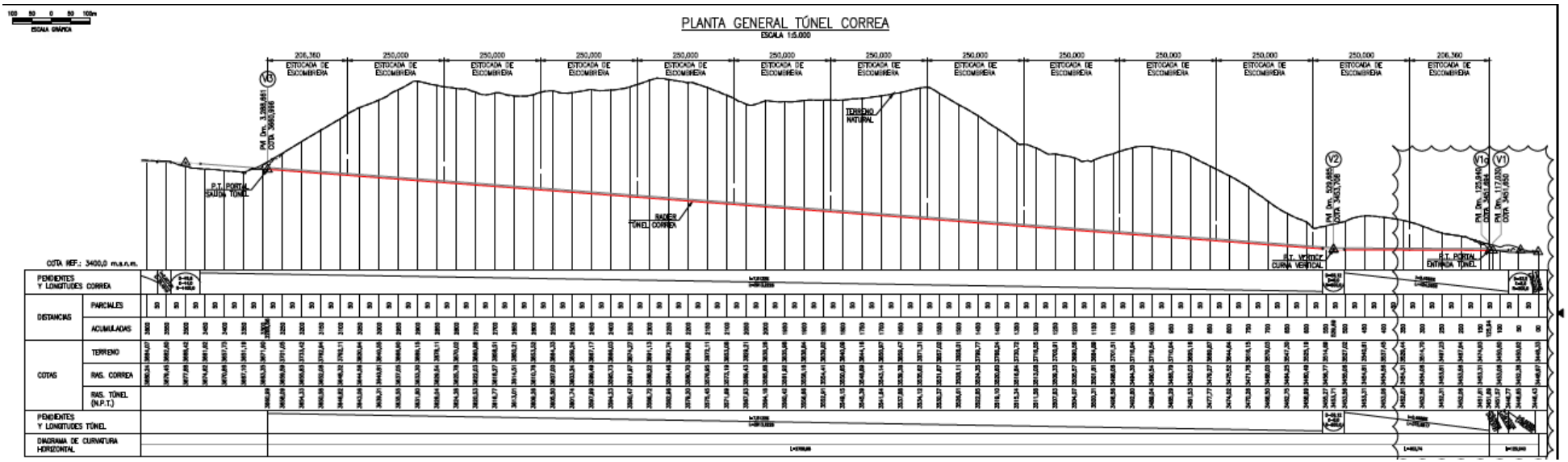
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

Ing. Edmundo Campos Arzapalo
DIRECTOR

Anexo 4. Caracterización Geológica – Geotécnica del Túnel Correa



Anexo 5. Planta General Túnel Correa Mineral Grueso



Anexo 6 Datos cuantitativos

X		CUADRO DE DATOS REPLANTEO - PORTAL DE ENTRADA TUNEL CORREA OVERLAND										X		
CUADRO DE DATOS REPLANTEO - PORTAL DE ENTRADA TUNEL CORREA OVERLAND														
DATA DE CAMPO												GABINETE		
FECHA	PROGRESIVA	VISTA ATRÁS			ESTACIONAMIENTO			PUNTO REPLANTEO (PROYECTADO)			DISTANCIA RESTANTE (m)	VERTICE REPLANTEO	DESFACE	LADO
		PUNTO	NORTE	ESTE	PUNTO	NORTE	ESTE	PUNTO	NORTE	ESTE				
14/02/2020	2+992,70	HASTIAL			E.2	8106730,1460	324042,5400	P.1	8106767,5730	324083,7670	2866,7490	V1a	0,0040	DERECHO
21/02/2020	3+075,30	TSC-01	8106475,8360	323799,2250	TC-50	8106676,8450	323868,3000	P.2	8106714,5560	324020,3410	2949,3490	V1a	0,0010	IZQUIERDO
16/03/2020	2+985,50	TC-50	8106576,8450	323868,3000	TC-52	8106746,1070	324063,7610	P.3	8106789,8520	324109,7600	2556,6110	TC-52	0,0020	IZQUIERDO
13/05/2020	2+822,20	TC-52	8106746,1070	324063,7610	AUX-01	8106824,3500	324147,0530	P.4	8106881,7820	324210,2920	2696,3030	V1a	0,0130	DERECHO
13/06/2020	2+704,30	TC-52	8106746,1070	324063,7610	TC-53	8106889,3560	324212,2470	P.6	8106964,0960	324294,8090	2578,4050	V1a	0,0040	DERECHO
20/06/2020	2+672,10	TC-52	8106746,1070	324063,7610	TC-53	8106889,3619	324212,2476	P.7	8106985,7420	324318,7160	2546,1470	V1a	0,0115	IZQUIERDO
30/06/2020	2+766,40	TC-52	8106746,1070	324063,7610	TC-53	8106889,3619	324212,2476	P.8	8106922,4592	324248,8091	2640,4471	V1a	0,0055	IZQUIERDO
5/07/2020	2+626,40	TC-53	8106889,3620	324212,2480	ZZ-02	8106849,7600	324286,1510	P-9	8107012,9711	324355,7180	2500,4490	V1a	0,0063	IZQUIERDO
12/07/2020	2+576,00	TC-53	8106889,3620	324212,2480	AUX-02	8107015,6190	324359,7893	P-10	8107046,2653	324393,4959	2450,0993	V1a	0,0034	IZQUIERDO
14/10/2020	2+511,50	TC-54A	8107106,3127	324451,2712	AUXV.001	8107072,6516	324423,0740	V.001	8107089,4277	324441,5195	2385,5294	V1a	0,0017	DERECHO
26/09/2020	2+475,90	TC-53	8106889,3620	324212,2480	AUX-03	8107084,6830	324434,6280	P-11	8107114,1610	324467,0710	2349,9870	V1a	0,0336	IZQUIERDO
10/10/2020	2+457,00	TC-54	8107052,6131	324401,7737	TC-54A	8107106,3130	324451,2710	P-12	8107130,4219	324477,9134	2331,0217	V1a	0,0253	IZQUIERDO
16/10/2020	2+416,50	TC-54A	8107106,3127	324451,2712	AUX-04	8107138,2064	324495,4621	P-13	8107153,3320	324512,0899	2290,3260	V1a	0,0020	IZQUIERDO
26/10/2020	2+406,50	TC-54	8107052,6131	324401,7737	TC-54A	8107106,3127	324451,2712	P-14	8107164,2650	324515,3121	2280,5941	V1a	0,0006	IZQUIERDO
2/11/2020	2+353,30	TSC-163	8107185,3480	324538,4800	AUX-05	8107184,6003	324542,5838	P-15	8107197,6299	324556,9409	2227,3435	V1a	0,0008	IZQUIERDO
		TSC-164	8107177,2210	324538,9740										

CUADRO DE DATOS REPLANTEO - PORTAL DE ENTRADA TUNEL CORREA OVERLAND														
DATA DE CAMPO													GABINETE	
27/11/2020	2+254,50	TC-54	8107052,6131	324401,7737	TC-55	8107226,7270	324584,1670	P-16	8107266,3900	324628,0017	2128,5131	V1a	0,0007	DERECHO
3/12/2020	2+222,00	TC-54	8107052,6131	324401,7737	TC-55	8107226,7271	324584,1672	P-17	8107287,3474	324651,1635	2097,2772	V1a	0,0022	IZQUIERDO
11/12/2020	2+210,01	TC-54	8107052,6131	324401,7737	TC-55	8107226,7271	324584,1672	P-18	8107296,2020	324660,9490	2084,0810	V1a	0,0037	DERECHO
2/01/2021	2+266,38	TC-54	8107052,6131	324401,7737	TC-55	8107226,7271	324584,1672	P-19	8107258,3862	324619,1562	2140,4444	V1a	0,0028	IZQUIERDO
16/01/2021	2+128,96	TC-54	8107052,6131	324401,7737	TC-55	8107226,7271	324584,1672	P-20	8107350,5593	324721,0238	2003,0631	V1a	0,0008	IZQUIERDO
22/01/2021	2+268,04	TC-54	8107052,6131	324401,7737	TC-55	8107226,7271	324584,1672	P-21	8107257,2724	324617,9252	2142,1029	V1a	0,0012	IZQUIERDO
28/01/2021	2+014,50	TC-55	8107226,7271	324584,1672	TC-56	8107397,7154	324781,4171	P-22	8107423,357	324809,5916	1888,5546	V1a	0,0001	DERECHO
6/02/2021	1+979,46	TC-55	8107226,7271	324584,1672	TC-56	8107397,7154	324781,4171	P-23	8107446,939	324835,5038	1853,5165	V1a	0,0019	IZQUIERDO
14/02/2021	1+945,50	TC-56	8107397,7154	324781,4171	AUX-06	8107445,9528	324826,4309	P-24	8107473,683	324857,1019	1415,8081	V2	0,0021	IZQUIERDO
19/02/2021	1+942,13	TC-56	8107397,7154	324781,4171	AUX-07	8107417,9571	324795,2674	P-25	8107476,053	324859,4847	1816,1951	V1a	0,0001	DERECHO
6/03/2021	1+886,86	TC-56	8107397,7154	324781,4171	AUX-08	8107419,2800	324797,7530	P-26	8107512,659	324900,896	1760,9286	V1a	0,0037	IZQUIERDO
11/03/2021	1+842,15	TC-55	8107226,7271	324584,1672	TC-56	8107397,7154	324781,4171	P-27	8107539,338	324937,0313	1716,2395	V1a	0,0003	IZQUIERDO
18/03/2021	1+809,70	TC-56	8107397,7154	324781,4171	AUX-09	8107522,1788	324911,7679	P-28	8107564,272	324958,2499	1683,7693	V1a	0,0016	DERECHO
25/03/2021	1+801,10	TC-55	8107226,7271	324584,1672	TC-56	8107397,7154	324781,4171	P-29	8107397,715	324781,4171	1675,1788	V1a	0,0026	IZQUIERDO
3/04/2021	1+761,52	TC-56	8107397,7154	324781,4171	TC-57	8107563,6686	324955,7313	P-30	8107597,492	324993,1369	1635,6133	V1a	0,0004	IZQUIERDO
10/04/2021	1+712,78	TC-56	8107397,7154	324781,4171	TC-57	8107563,6686	324955,7313	P-31	8107630,194	325029,3012	1586,8542	V1a	0,0012	IZQUIERDO
17/04/2021	1+665,37	TC-56	8107397,7154	324781,4171	TC-57	8107563,6686	324955,7313	P-32	8107661,999	325064,4742	1539,4343	V1a	0,0017	DERECHA
23/04/2021	1+675,00	TC-57	8107563,6686	324955,7313	AUX-10	8107590,0194	324992,3017	P-33	8107652,034	325060,4668	1549,0985	V1a	0,0005	IZQUIERDO
30/04/2021	1+791,19	TC-56	8107397,7154	324781,4171	TC-57	8107563,6686	324955,7313	P-34	8107577,604	324971,142	1665,2652	V1a	0,0002	IZQUIERDO
7/05/2021	1+787,35	TC-56	8107397,7154	324781,4171	TC-57	8107563,6686	324955,7313	P-35	8107580,174	324973,9846	1661,433	V1a	0,0001	IZQUIERDO
14/05/2021	1+556,44	TC-57	8107563,6686	324955,7313	TC-58	8107714,2572	325130,3101	P-36	8107731,1304	325148,8317	1430,5069	V1a	0,0001	IZQUIERDO
21/05/2021	1+479,50	TC-57	8107563,6686	324955,7313	TC-58	8107714,2572	325130,3101	P-37	8107714,2572	325130,3101	1353,5923	V1a	0,0000	IZQUIERDO
28/05/2021	1+546,82	TC-57	8107563,6686	324955,7313	TC-58	8107714,2572	325130,3101	P-38	8107737,5995	325155,9328	1420,9011	V1a	0,0004	IZQUIERDO

X

CUADRO DE DATOS REPLANTEO - PORTAL DE SALIDA TUNEL CORREA OVERLAND

X

CUADRO DE DATOS REPLANTEO - PORTAL DE SALIDA TUNEL CORREA OVERLAND

CUADRO DE DATOS REPLANTEO - PORTAL DE SALIDA TUNEL CORREA OVERLAND												GABINETE		
DATA DE CAMPO												VERTICE REPLANTEO	DESFACE	LADO
FECHA	PROGRESIVA	VISTA ATRÁS			ESTACIONAMIENTO			PUNTO REPLANTEO (PROYECTADO)			DISTANCIA RESTANTE			
		PUNTO	NORTE	ESTE	PUNTO	NORTE	ESTE	PUNTO	NORTE	ESTE				
14/02/2020	0+454,40	HASTIAL			E.1	8108497,4900	325987,0590	P.0	8108474,8560	325962,1410	2834,297	V3	0,0270	IZQUIERDO
21/02/2020	0+461,40	TC-01	8108680,7044	326186,2875	TC-02	8108571,1620	326074,9150	P.1	8108466,9380	326186,2870	2827,259	V3	0,0100	IZQUIERDO
16/03/2020	0+457,30	TC-01	8108680,7044	326186,2875	TC-02A	8108505,9645	326002,9982	P.2	8108469,5810	325962,9040	2564,595	TC-52	0,0070	DERECHO
11/05/2020	0+466,40	TC-01	8108680,7044	326186,2875	TC-02A	8108505,9645	326002,9982	P.4	8108463,5380	325956,1450	2822,252	V3	0,0070	IZQUIERDO
30/06/2020	0+502,30	TC-01	8108680,7044	326186,2875	TC-2A	8108505,9645	326002,9982	P.8	8108439,4600	325929,5550	2786,385	V3	0,0122	IZQUIERDO
14/10/2020	0+552,30	TC-03	8108391,3513	325867,9181	AUXV.00	8108425,7802	325906,1962	V.00	8108409,9684	325888,8048	2736,3851	V3	0,0007	DERECHO
3/06/2020	0+553,10	TC-01	8108680,7044	326186,2875	TC-02A	8108505,9645	326002,9982	P.5	8108405,3340	325891,8680	2735,539	V3	0,0060	IZQUIERDO
13/06/2020	0+579,10	TC-02A	8108505,9645	326002,9982	AUX.1	8108464,8810	325950,2020	P.6	8108391,4320	325869,3760	2709,376	V3	0,0140	DERECHO
20/06/2020	0+585,20	TC-02A	8108505,9645	326002,9982	AUX.2	8108409,5770	325892,2430	P.7	8108385,9240	325866,1770	2703,468	V3	0,0186	DERECHO
14/10/2020	0+600,00	TC-2A	8108505,9645	326002,9982	TC-03	8108391,3513	325867,9181	V.01	8108378,0046	325853,2411	2688,5686	V3	0,0026	IZQUIERDO
6/07/2020	0+608,10	TC-02A	8108505,9645	326002,9982	AUX-03	8108423,2060	325904,4880	P.9	8108371,8800	325848,0030	2680,572	V3	0,0113	DERECHO
12/07/2020	0+616,30	TC-02A	8108505,9645	326002,9982	TC-03	8108391,3513	325867,9181	P10	8108367,0700	325841,2170	2672,316	V3	0,0101	IZQUIERDO
24/09/2020	0+649,30	TC-03	8108391,3513	325867,9181	AUX-04	8108364,5920	325845,7930	P11	8108341,3090	325820,0950	2639,361	V3	0,0213	IZQUIERDO
16/10/2020	0+663,50	TC-03	8108391,3513	325867,9181	TC-03A	8108357,9897	325839,7053	V.02	8108331,1646	325810,0794	2625,1286	V3	0,0027	IZQUIERDO
10/10/2020	0+672,50	TC-03	8108391,3513	325867,9181	TC-03A	8108357,9897	325839,7053	P12	8108325,1331	325803,4214	2616,145	V3	0,0107	DERECHO
27/10/2020	0+681,70	TC-03	8108391,3513	325867,9181	TC-03A	8108357,9897	325839,7053	P13	8108318,8675	325796,4984	2606,7931	V3	0,0039	IZQUIERDO
12/11/2020	0+691,60	C-43	8108333,1390	325812,6750	AUX-05	8108339,1666	325817,4368	P14	8108313,0300	325788,5932	2597,0286	V3	0,0054	IZQUIERDO
19/11/2020	0+685,80	TC-03	8108391,3513	325867,9181	TC-03A	8108357,9897	325839,7053	P15	8108316,1912	325793,5423	2602,8241	V3	0,0068	DERECHO
3/12/2020	0+708,70	TC-03	8108391,3513	325867,9181	TC-03A	8108357,9897	325839,7053	P16	8108300,8479	325776,5976	2579,9628	V3	0,0081	IZQUIERDO

CUADRO DE DATOS REPLANTEO - PORTAL DE SALIDA TUNEL CORREA OVERLAND														
DATA DE CAMPO												GABINETE		
11/12/2020	0+735,08	TC-03	8108391,3513	325867,9181	TC-03A	8108357,9897	325839,7053	P17	8108283,1571	325757,0594	2553,6033	V3	0,0019	DERECHO
2/01/2021	0+742,564	TC-03	8108391,3513	325867,9181	TC-03A	8108357,9897	325839,7053	P18	8108278,1396	325751,5184	2546,1287	V3	0,0076	IZQUIERDO
16/01/2021	0+845,50	TC-03	8108391,3513	325867,9181	TC-04	8108219,0997	325686,6906	P19	8108208,7913	325675,3035	2443,0854	V3	0,0026	DERECHO
22/01/2021	0+851,80	TC-03	8108391,3513	325867,9181	TC-04	8108219,0997	325686,6906	P20	8108204,6189	325670,6945	2436,8685	V3	0,0017	DERECHO
29/01/2021	0+899,90	TC-03	8108391,3513	325867,9181	TC-04	8108219,0997	325686,6906	P21	8108172,3422	325635,0404	2388,7745	V3	0,0007	IZQUIERDO
7/02/2021	0+912,30	TC-03	8108391,3513	325867,9181	TC-04	8108219,0997	325686,6906	P22	8108164,1903	325626,0355	2376,6279	V3	0,0010	IZQUIERDO
14/02/2021	0+933,80	TC-03	8108391,3513	325867,9181	TC-04	8108219,0997	325686,6906	P23	8108149,5834	325609,8999	2354,8583	V3	0,0029	DERECHO
19/02/2021	0+939,78	TC-03	8108391,3513	325867,9181	TC-04	8108219,0997	325686,6906	P24	8108145,5703	325605,4668	2348,8830	V3	0,0037	DERECHO
6/03/2021	0+962,27	TC-03	8108391,3513	325867,9181	TC-04	8108219,0997	325686,6906	P25	8108130,4738	325588,7908	2326,3882	V3	0,0005	DERECHO
11/03/2021	0+990,65	TC-04	8108219,0997	325686,6906	TC-04A	8108136,2851	325586,3498	P26	8108115,7711	325563,8052	2298,0063	V3	0,0004	IZQUIERDO
18/03/2021	1+017,04	TC-04	8108219,0997	325686,6906	TC-04A	8108136,2851	325586,3498	P27	8108098,0169	325544,2937	2271,6256	V3	0,0037	IZQUIERDO
25/03/2021	0+984,40	TC-04	8108219,0997	325686,6906	TC-04A	8108136,2851	325586,3498	P28	8108119,9864	325568,4371	2304,2685	V3	0,0002	IZQUIERDO
3/04/2021	1+004,54	TC-04	8108219,0997	325686,6906	TC-04A	8108136,2851	325586,3498	P29	8108106,4422	325553,5528	2284,1461	V3	0,0020	DERECHO
17/04/2021	1+109,66	TC-04	8108219,0997	325686,6906	TC-05	8108053,8942	325495,7486	P30	8108035,6756	325475,7274	2178,9555	V3	0,0008	DERECHO
23/04/2021	1+158,60	TC-04	8108219,0997	325686,6906	TC-05	8108053,8942	325495,7486	P31	8108002,7433	325439,5365	2130,0238	V3	0,0032	IZQUIERDO
30/04/2021	1+190,00	TC-04	8108219,0997	325686,6906	TC-05	8108053,8942	325495,7486	P32	8107981,0199	325415,6636	2097,7465	V3	0,0025	IZQUIERDO
7/05/2021	1+132,00	TC-04	8108219,0997	325686,6906	TC-05	8108053,8942	325495,7486	P33	8108020,3657	325458,9025	2156,2076	V3	0,0010	IZQUIERDO
15/05/2021	1+229,27	TC-04	8108219,0997	325686,6906	TC-05	8108053,8942	325495,7486	P34	8107955,2051	325387,2943	2959,3901	V3	0,0005	IZQUIERDO
22/05/2021	1+323,40	TC-05	8108053,8942	325495,7486	TC-06	8107934,2653	325373,2070	P35	8107955,2051	325387,2943	1965,2197	V3	0,0006	DERECHO
29/05/2021	1+345,28	TC-05	8108053,8942	325495,7486	TC-06	8107934,2653	325373,2070	P36	8107872,8482	325305,3113	1943,3340	V3	0,0019	DERECHO

