

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UPLA**  
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**TESIS**

**EMPLEO DE INCLINÓMETRO EN LA INSTALACIÓN DE  
MUROS ANCLADOS POS TENSADOS, HUANCAYO 2019**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. BENDEZÚ QUISPE, RUBEN**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:**

**NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS**

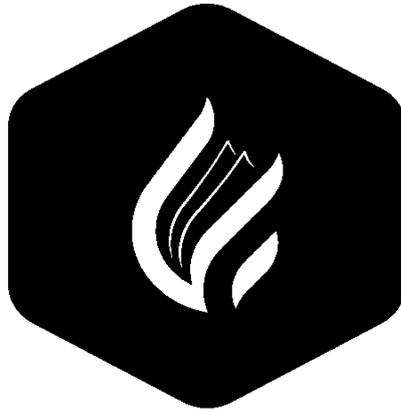
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2022**

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UPLA**  
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**TESIS**

**EMPLEO DE INCLINÓMETRO EN LA INSTALACIÓN DE  
MUROS ANCLADOS POS TENSADOS, HUANCAYO 2019**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. BENDEZÚ QUISPE, RUBEN**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:**

**NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2022**

**ASESOR**

**ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO**

**DEDICATORIA**

*A mi familia que es fuente de soporte e inspiración.*

*Dedicado a mis padres, por su apoyo incondicional.*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por su amor y brindarnos su energía positiva cada día.

A mis familiares que día a día apostaron por mí, brindando apoyo de forma incondicional y hasta ahora que logré ser profesional de éxito.

A mis maestros quienes impartieron en mis nuevos conocimientos, de esta manera aplicarlos para el beneficio de la sociedad.

A la universidad alma mater, que me cobijó durante mi crecimiento y desarrollo profesional.

**HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADOS**

---

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera

Decano

---

Ing. Nataly Lucia Córdova Zorrilla

Jurado

---

Ing. Dayana Mary Montalván Salcedo

Jurado

---

Ing. Ernesto Willy García Poma

Jurado

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza

Secretario Docente

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>X</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>XIII</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XIV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>15</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACION .....</b>	<b>17</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>17</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	17
1.2. Formulación del problema.....	17
1.2.1. Problema general .....	17
1.2.2. Problemas específicos.....	17
1.3. Justificación de la investigación .....	18
1.3.1. Justificación practica .....	18
1.3.2. Justificación científica .....	18
1.3.3. Justificación metodológica .....	18
1.4. Delimitación de la investigación .....	19
1.4.1. Delimitación Espacial.....	19
1.4.2. Delimitación Temporal .....	19
1.4.3. Delimitación Económica .....	19
1.5. Limitaciones .....	19
1.5.1. Limitación de espacio .....	19
1.5.2. Limitación de tiempo.....	19
1.6. Objetivos de la investigación.....	20

1.6.1. Objetivo general .....	20
1.6.2. Objetivos específicos.....	20
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>21</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>21</b>
2.1. Antecedentes de la investigación.....	21
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	21
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	22
2.2. Marco conceptual.....	24
2.2.1. Geología .....	24
2.2.2. Muros anclados .....	25
2.3. Definiciones de términos .....	55
2.4. Formulación de Hipótesis.....	56
2.4.1. Hipótesis general.....	56
2.4.2. Hipótesis específicas .....	56
2.5. Variables .....	57
2.5.1. Definición conceptual de las variables.....	57
2.5.2. Definición operacional de las variables .....	57
2.5.3. Operacionalización de la variable .....	57
2.6. Definición Operacional de variables.....	59
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>60</b>
<b>3. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>60</b>
3.1. Método de la Investigación.....	60
3.2. Tipo de Investigación .....	60
3.3. Nivel de la Investigación .....	60
3.4. Diseño de la Investigación .....	60
3.5. Población, muestra y el muestreo .....	61

3.5.1. Población.....	61
3.5.2. Muestra.....	62
3.6. Técnicas e instrumentos de investigación.....	64
3.6.1. Fichas de Campo .....	64
3.6.2. Técnicas de recolección de datos .....	64
3.7. Procesamiento de información.....	65
3.7.1. Coordenadas Geográficas de la localidad.....	65
3.7.2. Características demográficas de la localidad .....	65
3.8. Técnicas y análisis de datos .....	70
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>70</b>
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>70</b>
4.1. Investigación de campo .....	70
4.1.1. Mapeo geomecánico en interior mina.....	70
4.1.2. Distribución de discontinuidades .....	70
4.1.3. Distribución de discontinuidades .....	71
4.2. Estimación de parámetros de resistencia .....	71
4.2.1. Resistencia de la roca intacta.....	71
4.2.2. Resistencia de la masa rocosa.....	72
4.2.3. Estimación del estado tensional .....	72
4.2.4. Dirección de esfuerzos .....	73
4.3. Aspectos técnicos .....	73
4.3.1. Diseño de Proyecto .....	73
4.3.2. Aspectos estructurales .....	76
4.3.3. Índice de fracturamiento de la roca RQD.....	77
4.3.4. Mecanismo de falla.....	77

4.3.5. Parámetros de la resistencia del macizo rocoso .....	78
4.4. Análisis de sostenimiento.....	83
4.4.1. Sostenimiento por tipo de roca .....	83
4.4.2. Control en la instalación de pernos helicoidales.....	84
4.5. Análisis estructural .....	87
4.5.1. bases de diseño adoptadas.....	88
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>93</b>
<b>5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>93</b>
5.1. Discusión de resultados con antecedentes Internacionales.....	93
5.2. Discusión de resultados con antecedentes Nacionales .....	93
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>95</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>99</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>100</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>102</b>
<b>Anexo 01: Matriz de consistencia.....</b>	<b>103</b>
<b>Anexo 02: Operacionalización de variables .....</b>	<b>108</b>
<b>Anexo 03: Estudios geotécnicos.....</b>	<b>108</b>
<b>Anexo 04: Planos .....</b>	<b>139</b>

## ÍNDICE

<b>Ilustración 1. Muro Anclado .....</b>	<b>28</b>
<b>Ilustración 2. Mecanismo básico de un anclaje .....</b>	<b>29</b>
<b>Ilustración 3. Partes básicas de un muro anclado. ....</b>	<b>30</b>
<b>Ilustración 6. Excavación profunda.....</b>	<b>33</b>
<b>Ilustración 5. Proceso constructivo de un muro anclado. ....</b>	<b>35</b>
<b>Ilustración 6. Proceso de excavación. ....</b>	<b>36</b>
<b>Ilustración 7. Perforación de Anclajes .....</b>	<b>37</b>

<b>Ilustración 8.</b> Construcción de muros .....	37
<b>Ilustración 9.</b> Tensado de Anclaje.....	39
<b>Ilustración 10.</b> Fases de la construcción.....	39
<b>Ilustración 11.</b> Muro guía .....	40
<b>Ilustración 12.</b> Maquinaria .....	40
<b>Ilustración 13.</b> Colocación de armadura .....	41
<b>Ilustración 14.</b> Instalación del tirante. ....	42
<b>Ilustración 15.</b> <i>Perforación con taladro</i> .....	42
<b>Ilustración 16.</b> Instalación del tirante. ....	43
<b>Ilustración 17.</b> Inyección .....	44
<b>Ilustración 18.</b> Fuerzas de empuje activo .....	45
<b>Ilustración 19.</b> Fuerzas de empuje pasivo .....	46
<b>Ilustración 21.</b> Falla del tendón por tensión. ....	47
<b>Ilustración 22.</b> Falla por arranque de la unión del bulbo con el suelo.....	47
<b>Ilustración 22.</b> Falla por arranque de la unión del tendón con el bulbo.....	48
<b>Ilustración 23.</b> Falla por flexión del muro. ....	48
<b>Ilustración 24.</b> Falla de la masa del suelo.....	49
<b>Ilustración 25.</b> Falla progresiva.....	50
<b>Ilustración 26.</b> Falla por rotación progresiva .....	50
<b>Ilustración 27.</b> Falla por insuficiencia de capacidad axial .....	51
<b>Ilustración 29.</b> Falla por vuelco.....	51
<b>Ilustración 29.</b> Falla por deslizamiento .....	52
<b>Ilustración 30.</b> Falla por insuficiencia de capacidad pasiva. ....	52
<b>Ilustración 31.</b> Falla por rotación de masa de suelo. ....	53
<b>Ilustración 33.</b> Esquema del diseño de la investigación .....	61
<b>Ilustración 34.</b> Ubicación del flanco de la cordillera de los Andes. ....	62
<b>Ilustración 35.</b> Vista del pliegue de Pucará.....	63

<b>Ilustración 36.</b> Área de excavación de la cámara de Tolva. ....	63
<b>Ilustración 37.</b> Vista en planta para la Tolva analizada.....	74
<b>Ilustración 38.</b> Sección de la cámara de tolva de Ch 1777.....	74
<b>Ilustración 39.</b> Mapeo estructural y zonificación Geomecánica .....	75
<b>Ilustración 40.</b> Zonificación estructural de la cámara para tolva. ....	77
<b>Ilustración 41.</b> Valoración del Macizo Rocoso.....	80
<b>Ilustración 42.</b> Estabilidad estructuralmente controlada .....	80
<b>Ilustración 43.</b> Análisis Estructural In Situ. Cuña 8 (FS = 0.00) .....	81
<b>Ilustración 44.</b> Análisis Estructural Con sostenimiento de pernos. ....	81
<b>Ilustración 45.</b> En la corona de la cámara se tiene una Cuña tetraedral. ....	82
<b>Ilustración 46.</b> Cuña sostenida con 5 PH en corona con F.S = 2.29. ....	82
<b>Ilustración 47.</b> Cuña sostenido PH 10pies en corona y PH 8pies en hastiales.....	83
<b>Ilustración 48.</b> Control en la instalación de pernos helicoidales .....	84
<b>Ilustración 49.</b> Distribución en Planta .....	87
<b>Ilustración 50.</b> Vista en Perfil .....	88
<b>Ilustración 51.</b> Ingreso de datos del material .....	89
<b>Ilustración 52.</b> Ingreso de datos – Tipos de Carga .....	90
<b>Ilustración 53.</b> Combinaciones de carga.....	90
<b>Ilustración 54.</b> Ingreso de datos – Tipo de muro y Espesor.....	91
<b>Ilustración 55.</b> Modelo Estructural - CAMARA DE DESCARGA.....	92
<b>Ilustración 56.</b> Modelo Estructural 3D - CAMARA DE DESCARGA .....	92
<b>Ilustración 57.</b> Desplazamiento por peso propio U3 = - 0.0694 mm. ....	95
<b>Ilustración 58.</b> Desplazamiento por peso propio.....	95
<b>Ilustración 59.</b> Diagrama de Momento flector dirección 1-1 M11 = - 0.150 ton-m .....	96
<b>Ilustración 60.</b> Diagrama de Momento flector 3D dirección 1-1 M11 = - 0.150 ton-m..	96
<b>Ilustración 61.</b> Diagrama de Momento flector dirección 2-2 M22 = - 0.130 ton-m .....	97
<b>Ilustración 62.</b> Diagrama de Momento flector dirección 2-2 M22 = - 0.130 ton-m. ....	97

**Ilustración 63.** Diagrama de Momento flector 3D dirección 2-2  $M_{22} = - 0.130 \text{ ton-m.}$  98

## ÍNDICE

<b>Tabla 1.</b> Vías de acceso A.....	65
<b>Tabla 2.</b> Vías de acceso B.....	65
<b>Tabla 3.</b> Factores de roca.....	78
<b>Tabla 4.</b> Parámetros a la Roca Intacta.....	78
<b>Tabla 5.</b> Criterios para la clasificación geomecánica.....	79
<b>Tabla 6.</b> Sostenimiento por tipo de roca.....	83

## RESUMEN

La tesis titulada: “Empleo de inclinómetro en la instalación de muros anclados postensados, Huancayo 2019”, partió del problema: ¿Cómo mejora el comportamiento estructural de los muros anclados postensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo?, cuyo objetivo general fue: Evaluar la mejora del comportamiento estructural de los muros anclados postensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo, la hipótesis general que se verificó fue: El comportamiento estructural de los muros anclados mejorará al emplear inclinómetro en el proceso constructivo. Se utilizó un método científico, de tipo de investigación aplicada, de nivel explicativo y de diseño de la investigación experimental. Obteniendo resultados sobre el comportamiento estructural.

**Palabras claves:** Muros, anclados, postensados, inclinómetro.

## ABSTRACT

The thesis entitled: "Use of inclinometers in the installation of post-tensioned anchored walls, Huancayo 2019", started from the problem: How does the structural behavior of post-tensioned anchored walls improve when using inclinometers in the construction process?, whose general objective was : To evaluate the improvement of the structural behavior of the post-tensioned anchored walls when using inclinometers in the construction process, the general hypothesis that was verified was: The structural behavior of the anchored walls will improve positively when using inclinometers in the construction process. A scientific method, applied research type, explanatory level and experimental research design was used. Obtaining results on the structural behavior.

**Keywords:** Walls, anchored, post-tensioned, inclinometers.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis, he desarrollado en los años 2020-2021, ya que esta investigación ha tomado como punto de evaluación tener el control de las deformaciones del elemento pos tensado, en la colocación de una estructura suspendida lo cual ha sido analizado desde el punto de vista de la inclinación de los muros pos tensados lo cual ha llevado a obtener resultados más confiables.

Para la presente investigación he desarrollado según lo estipulado en el formato establecido por la Universidad Peruana los Andes donde se desglosa en 5 capítulos.

### **EL CAPÍTULO I: Planteamiento del Problema**

Este capítulo constituye de la problemática planeada, así como el problema general, los problemas específicos, los objetivos proyectados con las delimitaciones y limitaciones que ostento esta exploración.

### **EL CAPÍTULO II: Marco Teórico**

Este capítulo constituye del procedimiento de las plataformas conceptuales, así como trabajos similares realizados denominados antecedentes internacionales y antecedentes nacionales.

### **EL CAPÍTULO III: Metodología de la investigación**

Este capítulo está definido por la metodología y la línea de investigación empleada en el desarrollo de esta investigación con nivel, tipo, diseño de la investigación.

### **EL CAPÍTULO IV: Análisis de datos e Interpretación de Resultados**

Este capítulo consta de todos los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación representada con gráficos y cuadros resúmenes para su mejor comprensión.

### **EL CAPÍTULO V: Discusión de Resultados**

En este capítulo, se contrasta los resultados obtenidos con otras investigaciones y buscar un grado de correlación entre la data obtenida.

Bach. Bendezú Quispe, Ruben.

# CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad el sector construcción en el mundo ha llevado a un desarrollo de diversos métodos que puedan garantizar mejor las estructuras y para ello se ha adoptado nuevos sistemas que permiten incluir adaptaciones de equipos que mejoren la colocación de estructuras de concreto, es por ello que ante la necesidad de colocar concretos postensados.

Con el paso del tiempo y con una continua evolución del concreto se ha podido implementar en nuestro país un sistema constructivo que proporciona una diferente eficiencia estructural ya que a la carga inducida después del colocado de concreto este material se somete a altas tensiones que son admisibles a la dirección del colocado lo cual ha llevado a poder implementar el ángulo de colocación con el que será vertido o hincado.

Este tipo de control dentro de análisis evaluado permitirá poder determinar mejor el comportamiento de la estructura con respecto al apoyo generado, logrando así que la transmisión de cargas sea direccionada hacia el apoyo que sería el soporte de la estructura suspendida.

### 1.2. Formulación del problema

#### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo es el comportamiento estructural de los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo?

#### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cuál es la variación de los desplazamientos verticales más críticos de los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro durante el proceso constructivo?

- b) ¿Cuál es la variación de los esfuerzos más críticos en los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo?
- c) ¿Cómo modifica la zona más crítica dentro del comportamiento estructural de los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo?

### **1.3. Justificación de la investigación**

#### **1.3.1. Justificación practica**

Según (Hernandez Sampieri, 2014) *“La justificación actúa en desdoblarse cuando se actual una exploración que pueda solucionar un problema o una escasez que se pueda solucionar.”*

La presente investigación tiene como aporte el diseño, criterio técnico y la importancia del colocado de muros postensados con el uso inclinómetro ya que estos permitirán obtener resultados y definir el comportamiento estructural más real.

#### **1.3.2. Justificación científica**

*La contribución científica del proyecto está dada por el proceso de formulación, exploración y su posterior diligencia en la teoría para obtener soluciones, la exposición esta adquirida al medio que plantea resolver una u otra interrogante hasta hallar la forma más conveniente de solución.*

Asimismo, la información recopilada y procesada valdrá de apoyo para esta y otras indagaciones donde evalúen el comportamiento estructural en la instalación de los muros anclados postensados con el uso del inclinómetro, puesto que con ello se controla la inclinación de un plano respecto a la superficie terrestre.

#### **1.3.3. Justificación metodológica**

Según (Hernandez Sampieri, 2014) *“La justificación metodológica apunta que las principales conciencias que pueden ocasionar una memoria y a futuras indagaciones es una intención por lo cual logre demostrar una razón para poder ejecutar una exploración en una época temporal o una época prolongada”*

Es evidente que la aplicación de los instrumentos de investigación va a servir para recopilar los datos. El desarrollo de la investigación en el área de la Ingeniería Civil tiene importancia metodológica, debido a que los resultados obtenidos contribuirán de una u otra como antecedente para otros investigadores en el campo de la industria de la construcción puedan aplicar en las diversas construcciones futuras.

#### **1.4. Delimitación de la investigación**

##### ***1.4.1. Delimitación Espacial***

La delimitación espacial de la investigación se sitúa dentro del Túnel Victoria en la Mina San Cristóbal, ubicado en la comunidad de Yauli, provincia de Yauli en el departamento de Junín, cubre un área aproximadamente de 424.2 km<sup>2</sup> con altitudes promedio entre los 4,100 m.s.n.m. y 4,700 msnm.

##### ***1.4.2. Delimitación Temporal***

Se recopilarán datos para la investigación principalmente entre el periodo comprendido de marzo del 2020 hasta febrero de 2021.

##### ***1.4.3. Delimitación Económica***

El costo total para la investigación asciende a un valor de S/. 11,309.00 (Once mil treientos nueve con 00/100 soles).

#### **1.5. Limitaciones**

##### ***1.5.1. Limitación de espacio***

La investigación tuvo como limitación de espacio al centro de la cámara de Tolvas especificado en los años 2020-2021.

##### ***1.5.2. Limitación de tiempo***

La investigación tuvo como limitación temporal de 10 meses de proceso de investigación y 8 meses de recopilación de datos haciendo un total de 18 meses.

## **1.6. Objetivos de la investigación**

### **1.6.1. Objetivo general**

Evaluar el comportamiento estructural de los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Calcular la variación de los desplazamientos verticales más críticos en los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo.
- b) Definir la variación de los esfuerzos más críticos en los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo.
- c) Determinar la modificación de la zona más crítica dentro del comportamiento estructural de los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Según (Rosero Freire, 2017), en la tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil presento la tesis **Titulado:** *Análisis y diseño de muros anclados de hormigón armado y su aplicación en la estabilización de excavaciones profundas de subsuelos*, en el cual fijó como **objetivo general:** Desarrollar un documento técnico en el cual se presenten las características, análisis, procedimiento de cálculo, diseño, y verificación de muros anclados de hormigón armado y su aplicación en la estabilización de excavaciones profundas de subsuelos, empleando una **metodología** con enfoque cuantitativo, de método científico, tipo exploratorio de nivel descriptivo, **concluyendo:** Dentro de las muchas actividades de cálculo de diversas estructuras, varias veces se recurre al programa de hoja electrónica para automatizar cálculos, sin embargo al momento de encuestar sobre el uso de programas como Excel no se lo toma en cuenta como un instrumento de ayuda para automatizar cálculos y obtener mejores dimensionamientos que nos permitirían trabajar con diseños más óptimos y en un menor tiempo.

Según (Valdez, 2019) en la tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil presento la tesis **Titulado:** *Manual de diseño y construcción de muros anclados de hormigón proyectado*, en el cual fijó como **objetivo general:** Estudiar, discutir y aplicar los principales aspectos que intervienen en el diseño y/o la construcción de muros anclados de hormigón proyectado, empleando una **metodología** con enfoque cuantitativo, de método científico, tipo exploratorio de nivel descriptivo, **concluyendo:** La teoría que se menciona puede ser utilizado por ingenieros civiles o profesionales en el área, luego de estudiar la teoría previa como un manual de bolsillo.

Según (Acuña Borbón, 2019), en la tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil presento la tesis **Titulado:** *Instrumentación para producir información geotécnica en proyectos de construcción de túneles viales*, en el cual fijó como **objetivo general:** Conocer y representar la aplicación de la instrumentación utilizada

en la recopilación de información de tipo geotécnico en la ejecución de túneles, empleando una **metodología** aplicada de método científico, tipo aplicada de nivel explicativo y un diseño Experimental, teniendo como **resultado**: Existe una gran diversidad de materiales para el cálculo y monitoreo geotécnico en la realización de un conducto, **concluyendo**: La instrumentación se maneja en carácter conveniente y se proporciona datos significativos para lograr pronosticar a posibles dispositivos de hendidura, además proyecta una superior sensatez de la propiedad.

Según (Panohaya Amador, 2020), en la Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil presento la tesis **Titulado**: *El inclinómetro seco, un método de nivelación utilizado para determinar la deformación del terreno en los volcanes, empleado para medir el deslizamiento de laderas en los municipios Juan Galindo y Zihuateutla en el estado de Puebla*, en el cual fijó como **objetivo general**: Obtener un cuadro cuantitativo que pueda perfeccionar los estudios para notificar el peligro de catástrofes concernientes con las pendientes en las bandas que son vulnerables de soportar este contexto. Aplicando una **metodología** aplicada con un método científico, tipo aplicada de nivel explicativo y un diseño Experimental, Obteniendo los **resultados**: No fue absurdo su transferencia al monitoreo de movimientos de pendientes, para que su equivalente, procuran localizar un grupo de dominio y finalmente **concluyo**: El procedimiento del inclinómetro seco ofreció una ocurrencia a la práctica al conjunto de indagación, donde aproximó a los órganos más jóvenes del propio para innovar un servicio y pueda resolver dudas a personas ajenas al área de aplicación de la Ingeniería Topográfica y Geodésica.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Según (Chávez Carmen & Correa Izurieta, 2017), en la tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil presentaron la tesis **Titulado**: *Uso de inclinómetros para monitoreo de las deformaciones en un muro anclado para un proyecto en el conglomerado de Lima*, en el cual fijó como objetivo: Determinar si la máxima deformación obtenida durante la construcción de los muros perimetrales de los sótanos mediante la metodología de muro anclado está dentro de los rangos permisibles por las normas internacionales, empleando una **metodología**: con un enfoque cuantitativo, teniendo como **resultado**: el valor de la deformación lateral

máxima ( $\delta h_{\max}$ ) obtenida fue de 6.5 milímetros, equivalente a una deformación lateral normalizada ( $\delta h_{\max}/H$ ) igual a 0.02%, siendo la profundidad de excavación (H) igual a 32 metros, **concluyendo**: En todas las etapas constructivas se pudo apreciar que no se dieron deformaciones mayores a las permisibles, con lo que se concluye que el proceso constructivo fue llevado de manera correcta, por lo cual no se hizo uso de medidas correctiva.

Según (Aliaga Quispe, 2017), en la tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil presento la tesis **Titulado**: *Diseño de un instrumento topográfico para la medición de secciones transversales de carreteras*, en el cual fijó como **objetivo general**: Identificar los mecanismos electrónicos y tecnología necesaria para poder desarrollar un instrumento de medición que permita cubrir la necesidad de modernizar los métodos que existen en el campo de la topografía peruana y diseño de proyectos viales, empleando una **metodología** aplicada con un método científico, tipo aplicada de nivel explicativo y un diseño experimental, teniendo como **resultado**: Obtención de resultados de 48 probetas para un control de resistencia a la compresión, **concluyendo**: El agua tratada en empleado en el concreto ayuda a poder optimizar este recurso sobre la conservación de este líquido elemento.

(Espiritu Diestra, 2020) presento la tesis de pregrado **Titulado**: “Proceso constructivo de muros anclados para la contención del suelo en edificaciones con sótanos”, el cual fija como **objetivo general**: Explicar el proceso constructivo de muros anclados para la contención de suelos en edificaciones con sótano en la obra edificio corporativo Conquistadores San Isidro Lima 2019, empleando la **metodología**: El tipo de estudio es aplicado de nivel descriptivo y de diseño cuasi experimental, obteniendo como **resultado**: se determinó que el perfil del suelo con el que se trabajara para la elaboración del muro anclado es homogéneo y está formado por un depósito fluvio-aluvial de origen cuaternario, compuesto por suelos finos sobre suelos granulares gruesos con un relleno no controlado superficial y finalmente se **concluyó**: El proceso constructivo de muros anclados para la contención de suelos en edificaciones con sótano se debe realizar cumpliendo con las especificaciones técnicas y las indicaciones del proyectista empresa pilotes Terratest para la perforación, colocación de los cables, bulbo de concreto, tensado y destensado.

(Enciso Saldaña & Nuñez Alvaro, 2019) presento la tesis de pregrado **Titulado:** “Verificación de anclajes postensados mediante la aplicación del ensayo de capacidad en el edificio hotel Ibis San Isidro-Lima-Perú-2019”, el cual fija como **objetivo general:** Verificar la capacidad de los anclajes postensados gracias a la aplicación del ensayo de capacidad en el Edificio Hotel Ibis-San Isidro-Lima-Perú, empleando la **metodología:** En el presente trabajo de investigación es de tipo aplicada de nivel explicativo, obteniendo como **resultado:** se determinaron los desplazamientos al aplicar la carga y descarga de rango de cargas, realizado en el ensayo de capacidad para cada uno de los anclajes **concluyo:** Se identificó los parámetros del suelo que influye en la aplicación del ensayo de capacidad como parámetros principales fueron la cohesión, ángulo de fricción y peso unitario.

(Izarra Mendoza, 2019) presento la tesis de pregrado **Titulado:** “Muros anclados en suelo arenoso para la construcción del centro comercial de La Molina”, el cual fija como **objetivo general:** Explicar el procedimiento constructivo de muros anclados en suelo arenoso para la construcción del Centro Comercial La Molina., empleando la **metodología:** El presente trabajo de investigación es Aplicado, obteniendo como **resultado:** se obtuvo que los factores que afectan la calidad del acabado de muro son debido a la falta de limpieza en los paneles de encofrado y a un mal vibrado, finalmente se **concluyó:** Hay que tener muy en cuenta el slump y los acelerantes de fragua durante el planeamiento inicial de los muros anclados, debido a que estas variables incluyen directamente en el acabado de los muros.

## 2.2. Marco conceptual

### 2.2.1. Geología

#### 2.2.1.1. Propiedades del suelo

En lo que se refiere a estratos del suelo se debe obtener las siguientes características para procesar usando GGU-Retain.

(Enciso Saldaña & Nuñez Alvaro, 2019)

- Peso específico
- Cohesión efectiva
- Angulo de fricción efectiva

- Angulo de fricción entre el muro y el suelo

#### Características del anclaje

- Nivel de ubicación
- Longitud libre
- Longitud del bulbo
- Angulo de inclinación con respecto a la horizontal
- Características del cable

El programa nos proporciona el diagrama de empujes pasivo y activo que se mostrara posteriormente, la capacidad del anclaje, factor de seguridad, diagrama de momentos, capacidad de trabajo, diagrama de cortantes y deformaciones, profundidad de empotramiento.

### **2.2.2. Muros anclados**

Hoy en día se presentan varios tipos de estabilización para edificaciones con excavaciones profundas y la que más se viene aplicando a nuestro país debido a la seguridad que otorga al momento de la ejecución es la que presenta anclajes en su colocación.

A continuación, detallaremos algunos de los tipos de estabilización que son más usados. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015)

#### **a. Pilotes excavados anclados**

Este método es poco utilizado en el país y normalmente es utilizado para la estabilización de suelos que presentan gravas con alta cohesión.

El papel que tiene estos pilotes es el de sostener el terreno y el de estructuras aledañas a esta, esto con el objetivo de garantizar la construcción vertical segura. Podemos clasificar estas pilas en ancladas o apuntaladas dependiendo de la profundidad de la excavación y de la estructura. (pág. 11)

#### **b. Muros excavados**

También llamados muros pantalla es un sistema en el cual se excava una zanja mediante el uso de cucharas bivalvas, todo esto manteniendo siempre la estabilidad de las paredes de la excavación. Según el proyecto, el espesor de este muro puede variar entre 0.4m a 0.8m.

Dependiendo de la profundidad de la excavación o del tipo de suelo con el que se trabaja, podría ser necesario apuntalar la pantalla a medida que se progresa con la excavación (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015)

#### Ventajas

- Se construye en los deslindes de la propiedad lo que implica que pueden ahorrarse costos en los permisos.
- Esta se integra a la estructura final que presentara el edificio.
- Podemos utilizarlo en cualquier tipo de terreno
- Solo se necesita el empotramiento del muro, no se requiere zapata.
- No es necesario la entibación
- Como no existe la necesidad de una excavación, la descomposición del terreno se reduce.
- La ejecución se realiza desde la superficie del terreno, previa a la excavación.

#### Desventajas

- Ya que podría llegar el caso donde haya estratos más blandos, se pueden ocasionar derrumbes.
- Si el terreno donde se trabajara es muy duro, es necesario el trépano, lo que incrementara el precio.

#### **2.2.2.1. Muros con anclaje por tensado**

Este es también conocido como muro anclado es uno de los más usados ya que una de sus características es la rapidez para poder ejecutarlo en muros perimetrales y permite la

ejecución de estos en subterráneos de forma simultánea a la que se realiza la excavación. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015)

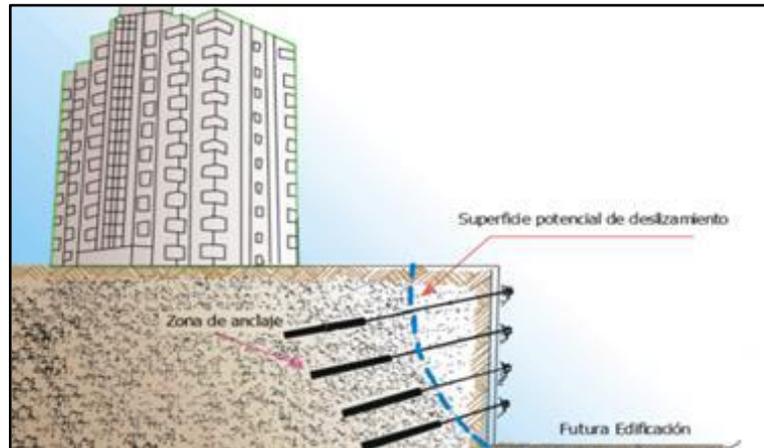
Este tipo de técnica se empezó a utilizar en los años de 1970 Versalles-Francia para poder implementar una vía férrea. Para este proyecto se necesitó estabilizar con un muro anclado de hormigón y un suelo arenoso a un talud de 18 metros de altura. Y al observar que este tipo de técnica presentaba ventajas respecto al costo y a la aplicación, rápidamente se popularizó tanto en Francia como en sus países aledaños. En todo este tiempo se ha podido comprobar tanto en los países europeos como en Estados Unidos que el uso de muros anclados presente una alternativa económica y que reduce los tiempos de construcción.

Los muros anclados se utilizan para retener y asegurar los cortes que realizamos durante las excavaciones. Para poder limitar el desplazamiento de la estructura se somete a una precarga de los sistemas estructurales por medio de los anclajes. (Espíritu Diestra, 2020)

Los muros anclados nos proporcionan una mayor seguridad para construir asegurando que el riesgo de pérdidas humanas se elimine. Existen tres técnicas de muros anclados.

- Post tensados
- Tirabuzón
- Suelo enclavado

### Ilustración 1. Muro Anclado



Fuente: (Espíritu Diestra, 2020, pág. 23)

#### 2.2.2.2. Descripción del método

Este se caracteriza por utilizar muros perimetrales como elementos de contención, esto nos permitirá alcanzar fondos de cimentación más profundos, lo que a su vez optimizará costos y tiempo de trabajo. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015).

- Para que este tipo de muro puedan resistir empujes laterales y sobrecargas, los muros tienen que ser reforzados con anclajes post tensados, que a la vez ayudan en los trabajos de excavación ya que otorgan un grado de seguridad.
- Este se ejecuta por etapas en el terreno abriendo paneles de forma intercalada.
- después de asegurarnos que los paneles estén debidamente tensados se pasa a la siguiente etapa que es la construcción de paneles contiguos.
- Una vez que todo el nivel de muro se encuentra debidamente anclado.

- Finalmente se procede a conformar un nuevo anillo de muros y se repite el proceso hasta que se llegue al fondo de la cimentación.

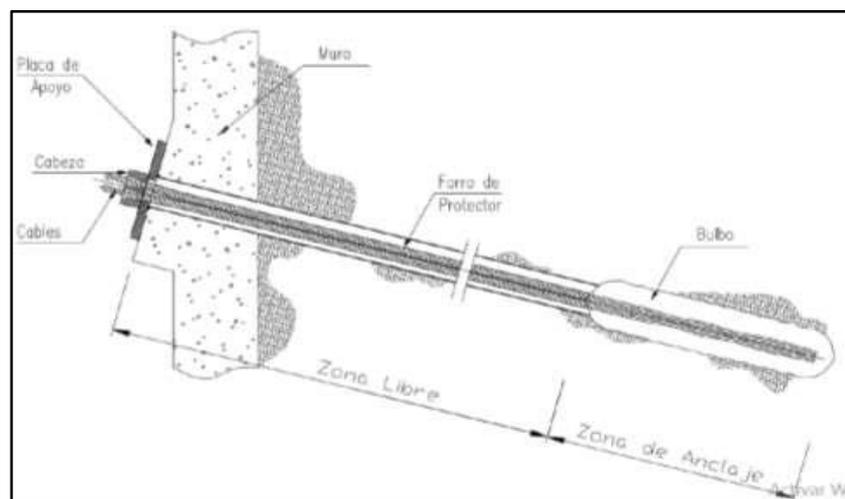
### 2.2.2.3. Anclaje

Es un elemento estructural que se instala en el suelo o en la roca con el objetivo de transmitir la carga de una tracción aplicada al terreno.

Los suelos desarrollan fuerzas de presión detrás del talud que pueden ser absorbidas si se interponen estructuras de retención. Estas están constituidas por muros de pantalla o pantalla de pilotes que están ligados a puntos fijos para su estabilidad.

Si los materiales presentes son rocas en el cual implementaremos estructuras sometidas a tracción o queremos mejorar el comportamiento del talud para evitar deslizamientos o posibles derrumbes, estos anclajes se deben hacer en la roca, mientras que, en los taludes naturales o excavaciones grandes, las estructuras que implementaremos son usualmente ancladas al suelo.

**Ilustración 2.** Mecanismo básico de un anclaje

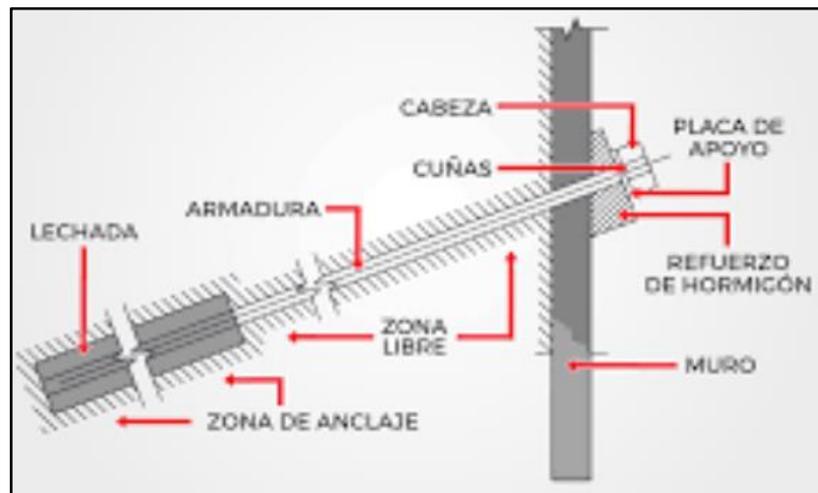


**Fuente:** (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015, pág. 32)

Como se muestra en la figura, el mecanismo básico de un anclaje consiste en la transferencia hacia la roca o hacia el suelo de las fuerzas de tracción que se generan. Esto a través de la interface entre el anclaje y el material por el que está rodeado.

#### 2.2.2.4. Componentes de un anclaje

**Ilustración 3.** *Partes básicas de un muro anclado.*



**Fuente:** (Espíritu Diestra, 2020, pág. 31)

##### a. La cabeza del anclaje

Esta cumple la función de transmitir las fuerzas desde el acero a la superficie del terreno, la cabeza de anclaje se encuentra en el exterior del paramento y está integrado por una placa de apoyo y una tuerca. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015).

##### b. El post tensado de un anclaje

Mediante un gato eléctrico, se aplica una fuerza mayor al del empuje del suelo para generar en el muro la tracción necesaria, esta es conocida como fuerza de post tensado. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015).

##### c. La raíz

Es una estructura que tiene el objetivo de fijar el anclaje con el macizo rocoso, esta estructura se encuentra enterrada a un extremo del anclaje. Esta se forma llenando por medio de la

gravedad en una perforación, una lechada cementicia y se le adhiere una barra de acero, de esta forma una parte de la barra se adhiere por lo que es posible transmitir la carga de tracción aplicada al terreno. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015).

**d. El tendón**

Cumple la función de conectar la cabeza y raíz por lo que puede transmitir la fuerza que se genera en la raíz a la estructura. Esta puede alongarse elásticamente, pero para que este acero se puede deformar libremente se adhiere un material plástico liso en el mango, alrededor del tendón, este último puede estar formado por cables o mediante barras de acero. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015).

**e. La inyección**

Cumple la función de transferir la carga desde el tendón y le brinda protección ante una posible corrosión. Esta es una mezcla basada en cemento Portland. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015).

**2.2.2.5. Tipos de anclaje**

Existen una gran variedad de tipos de anclaje y debido a esta gran diversidad solo presentaremos aquellos anclajes que presentan mayor uso para muros de contención. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015).

**a. Anclajes provisionales**

Estas como indica su nombre tienen una vida útil limitada, puede variar según el proyecto entre 9 meses hasta 2 años, este tipo de anclaje son los más usados para la estabilización de excavaciones profundas debido a que se mantendrán hasta que ya no sean necesarios y la edificación pueda sostenerse por sí misma. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015).

**b. Anclajes permanentes**

Este a diferencia de las provisionales tienen una vida útil mayor a 2 años debido a que así lo requiere el proyecto por lo que son raramente usados.

Gracias a que deben tener una mayor duración, deben presentar mejores características como una mayor protección a la corrosión, mayor seguridad y mayor control en general. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015).

**c. Anclajes activos**

Son tensados al inicio mediante un gato hidráulico con una carga necesaria para evitar el deslizamiento del talud, luego se fija la cabeza del anclaje. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015).

**d. Anclajes pasivos**

Estos a diferencia de los activos, no se fijan inicialmente y suelen usarse dependiendo de las condiciones del suelo en el que se realiza el proyecto. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015).

**2.2.2.6. Excavaciones profundas**

La excavación es un proceso por el cual removemos un suelo sin importar su naturaleza o características física-mecánicas fuera o dentro de la construcción.

Existen diferentes tipos de excavación ya sea por:

- Material excavado
- Profundidad
- Nivel de detalle
- Grado de humedad

Las excavaciones profundas se encuentran en rangos mayores de 5 metros y requieren maquinarias con mayores

potencias de 80Hp por lo que se requiere un sistema de protección de taludes. (Camones Salvador, 2017)

#### **Ilustración 4. Excavación profunda**



Fuente: (Espíritu Diestra, 2020, pág. 34)

#### **2.2.2.7. Características Físicas**

Debido a que los suelos presentan diferentes características físicas según el tipo de material que se encuentra presente, ya sean gravas, arenas, limos o arcillas. A continuación, se presentan algunas características que nos ofrecen estos materiales.

En los suelos en los que predomina grava o arena existe un buen drenaje, buena aireación y no ofrecen resistencia alguna al laboreo. En cambio, cuando existen arenas y gravas, pero sin estar cubiertas de limos o arcillas, estas carecen de plasticidad y tenacidad. (Camones Salvador, 2017)

#### **2.2.2.8. Características mecánicas**

Estas características son importantes para el ingeniero ya que le permitirán diseñar la cimentación de la obra civil. Las características más importantes por los problemas que puede generar son:

- Los estados límites de falla

- Los estados límites de servicio

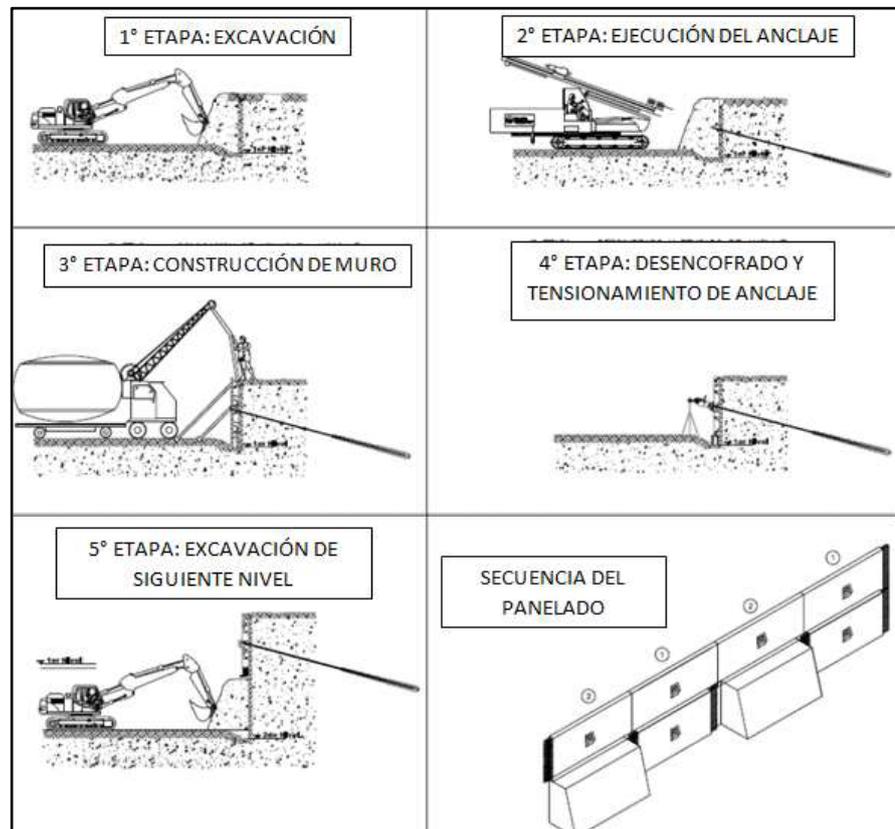
El primero se refiere a la estabilidad de las estructuras mientras que el segundo a los hundimientos y asentamientos que sufrirán la cimentación. Estos se analizan mediante los parámetros de permeabilidad, resistencia, deformabilidad y sus propiedades mecánicas, tratando siempre de alterar la muestra lo menos posible. (Camones Salvador, 2017).

#### **2.2.2.9. Proceso constructivo**

Para poder construir un muro anclado lo primero es realizar una excavación y perforación para la posterior instalación del anclaje, luego se prosigue a la construcción del muro y al tensado de este mismo.

Para garantizar la eficiencia en el desarrollo de las etapas hay que tener en cuenta el descenso hasta la cota de cimentación, también se debe gestionar las restricciones del proceso constructivo para mitigar riesgos. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015)

**Ilustración 5.** Proceso constructivo de un muro anclado.

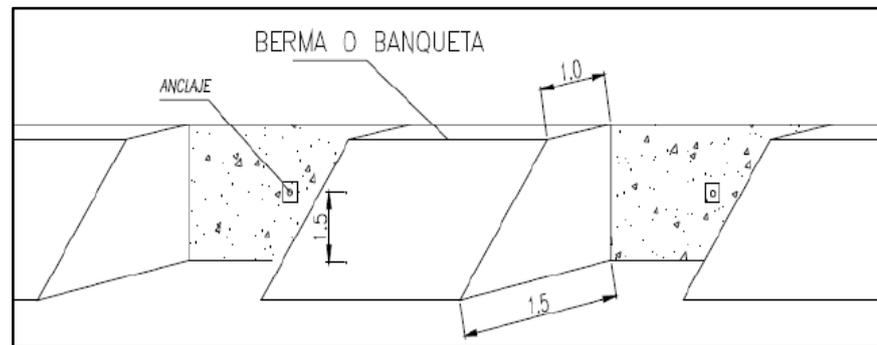


**Fuente:** (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015, pág. 48)

#### a. Excavación

Como ya está determinado en el plano de diseño para cada uno de los niveles de muro, las excavaciones se realizan siguiendo este diseño. Se realiza la excavación hasta -1.5m por debajo del nivel de profundidad del anclaje en todos los casos esto para que los trabajos y equipos de perforación puedan realizarse de forma segura frente al talud. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015)

**Ilustración 6.** *Proceso de excavación.*



**Fuente:** (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015, pág. 49)

Como podemos observar en la imagen se excavan los paños de la fila en forma intercalada, se deja una berma de 1 metro en la corona y 1.5 metros en la base. Luego se procede a realizar los anclajes de la fila y no se podrá avanzar a la siguiente fila inferior hasta que esta esté tensionada.

#### **b. Perforación de anclajes**

Este proceso puede realizarse de tres maneras diferentes. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015).

- Una perforación continua en la banqueta perimetral
- Una perforación continua sobre los muros ya vaciados
- Una perforación intercalada, esta se puede hacer antes o después de haber fundido el muro.

Una vez que se termine la perforación se colocan cables según el diseño y luego se hará el llenado con la lechada.

### Ilustración 7. Perforación de Anclajes

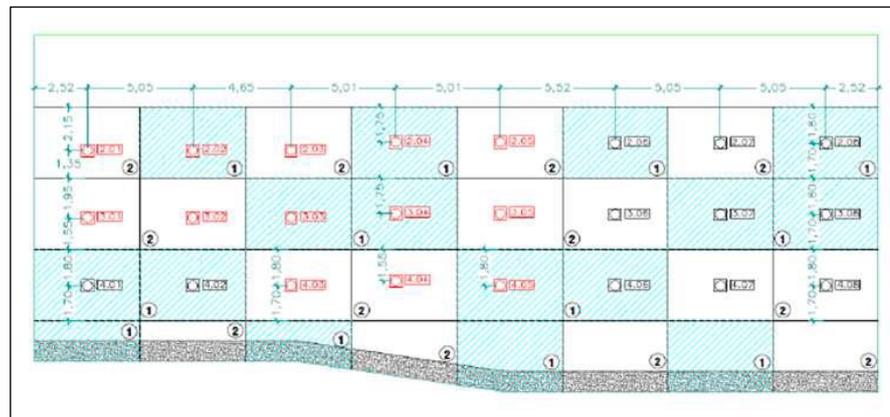


Fuente: (Espíritu Diestra, 2020, pág. 24)

#### c. Construcción de muros

Esta se realiza según lo mencionado en el punto anterior, la secuencia de los planos y el proceso de la obra. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015)

### Ilustración 8. Construcción de muros



Fuente: (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015, pág. 51)

Para ello se necesitan las siguientes consideraciones:

Se debe realizar de forma intercalada 1 muro en 1 muro para el primer nivel de anillo, luego se procede a apuntalarlos para un posterior tensionamiento o perforación del anclaje.

Después de hacer este intercalamiento de muros se procede a realizar los muros faltantes, para ello hay que tener en cuenta

que los otros muros ya realizados, deben estar apuntaladas y tensionados.

- Pasando comenzar con el segundo nivel se debe tener ya tensionados los muros del primer nivel, sin embargo, no es necesario que la todo este tensionado ya que se puede realizar de manera parcial.
- Para el segundo nivel y posteriores a este se repite los pasos anteriores con la diferencia que se puede realizar 2 muros al mismo tiempo, pero siempre intercalando estos.

#### **d. Llenado**

Ni bien se terminen las perforaciones, se procede al llenado de los anclajes. Se generan sobrepresiones en el terreno para poder incrementar la resistencia del anclaje con la inyección del bulbo. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015).

Respecto al tipo de cemento se puede llegar a utilizar tipo I o tipo V, esto puede variar dependiendo de las propiedades que posee el suelo, para la relación de agua/cemento se usa 21.25 +/- 4.25 litros para una bolsa de cemento de 42.5 kg.

#### **e. Tensionamiento de anclajes**

Una vez que se cumpla un plazo de 7 días se procede a la tensión de los anclajes teniendo en consideración el curado de 3 días del concreto. La carga de tensión varía entre 20 a 40 toneladas dependiendo del diseño. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015).

Este proceso se repite para el siguiente nivel de excavación hasta que se llegue al nivel de la zapata. Esta actividad es de alto riesgo debido a que se realizan trabajos muy dinámicos.

### Ilustración 9. Tensado de Anclaje



**Fuente:** (Espíritu Diestra, 2020, pág. 25)

#### f. Planificación de trabajo

Bien se sabe que la planificación y programación de obra reduce lo que es el costo de maquinaria además que maneja de manera eficiente los trabajos a realizar en la obra (Espíritu Diestra, 2020).

### Ilustración 10. Fases de la construcción.



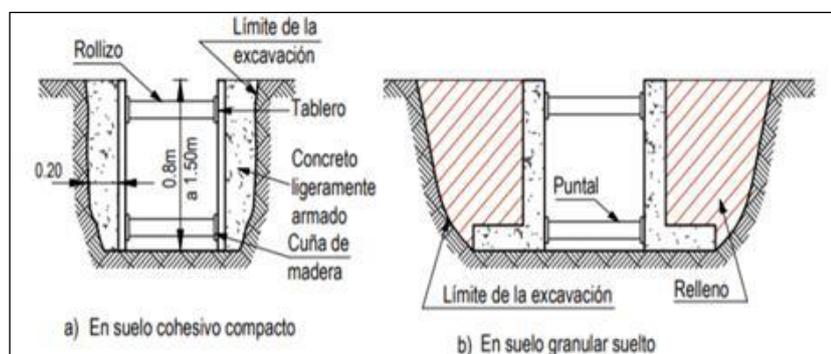
**Fuente:** (Espíritu Diestra, 2020, pág. 12)

### 2.2.2.10. Etapas constructivas

#### a. Construcción de muros guías

Estos se construyen para que exista una buena alineación de la pantalla de hormigón además sirve de guía para las maquinarias de excavación y sirven para poder estabilizar las paredes que se encuentran en la parte superior. (Espíritu Diestra, 2020).

**Ilustración 11. Muro guía**



Fuente: (Espíritu Diestra, 2020, pág. 13)

#### b. Excavación

Esta se realiza con maquinaria que dependiendo de si es un suelo blando o es un suelo rocoso o compacto, para el primero se utilizara una maquinaria provista de cuchara y para el segundo una maquinaria con útiles de percusión o roto percusión. (Espíritu Diestra, 2020).

**Ilustración 12. Maquinaria**



Fuente: (Espíritu Diestra, 2020, pág. 13)

El material extraído se remplazará por un lodo tixotrópico hasta el momento del hormigonado para la estabilidad de las paredes donde se excavo, este debe encontrarse siempre a un nivel igual al de los muros guía.

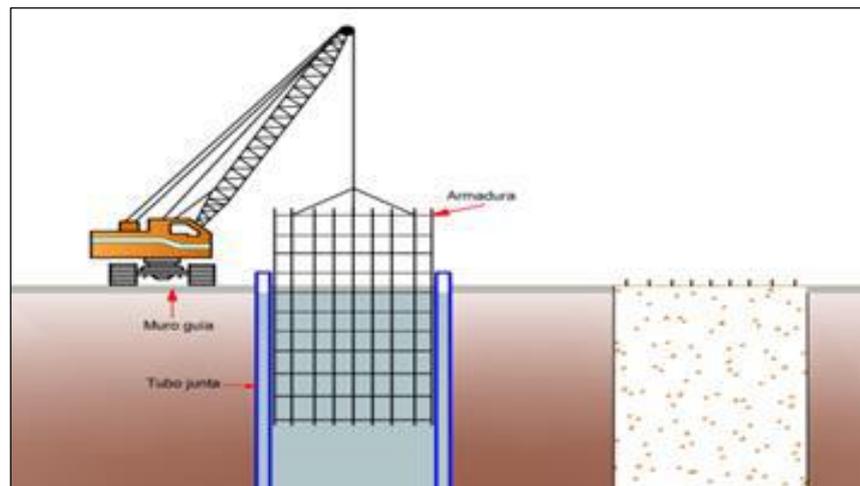
### c. Juntas

De un material usualmente metálico, tiene como objetivo el de dar continuidad a la pantalla de hormigón de tal forma que asegura la impermeabilidad y guía la excavación de otros paños.

### d. Armadura

Estos pueden estar constituidos bien por un acero liso o por uno corrugado, sin embargo, se obtiene una mejor adherencia al concreto cuando el acero es corrugado.

**Ilustración 13.** Colocación de armadura

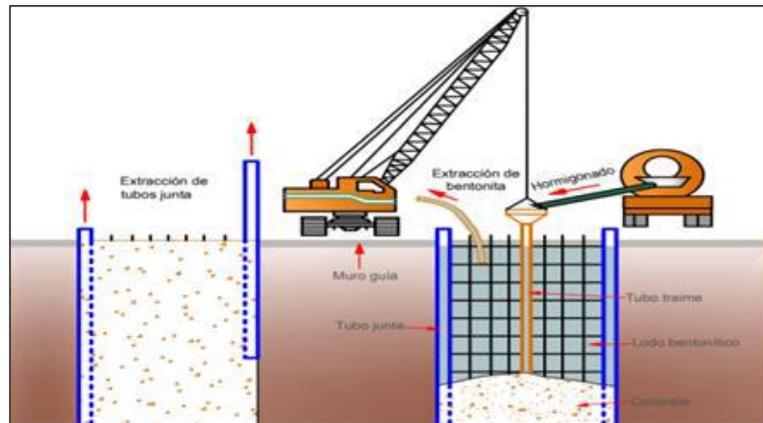


**Fuente:** (Ramos, 2011, pág. 12)

### e. Vaciado el concreto

Este se debe realizar con un tubo tremie que tiene una longitud de 1 a 4 m y un diámetro de 15 a 30 cm. Se debe introducir el tubo en el centro de la zanja a por lo menos 3 metros y finalmente depositamos el hormigón de abajo hacia arriba. (Espíritu Diestra, 2020).

**Ilustración 14.** *Instalación del tirante.*



**Fuente:** (Ramos, 2011, pág. 13)

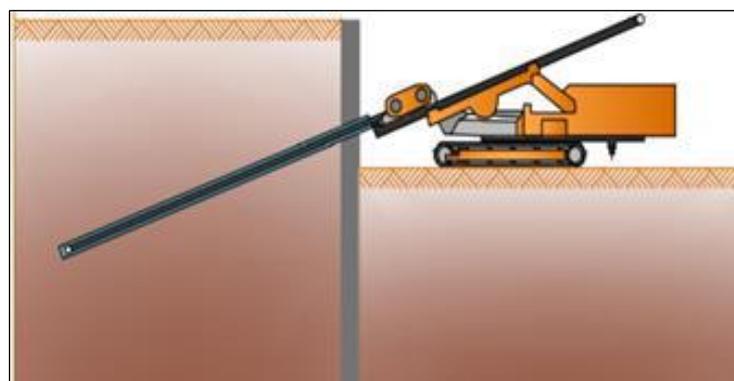
#### **f. Anclaje**

Como se mencionó anteriormente, tienen la función de mantener la estabilidad del muro al proporcionar fuerzas externas.

#### **g. Perforación de los taladros**

La operación comienza introduciendo un tubo de revestimiento de 10 a 20 centímetros de diámetro a 3 metros de profundidad. Este se debe de introducir teniendo en consideración el ángulo de inclinación y un correcto alineamiento.

**Ilustración 15.** *Perforación con taladro*



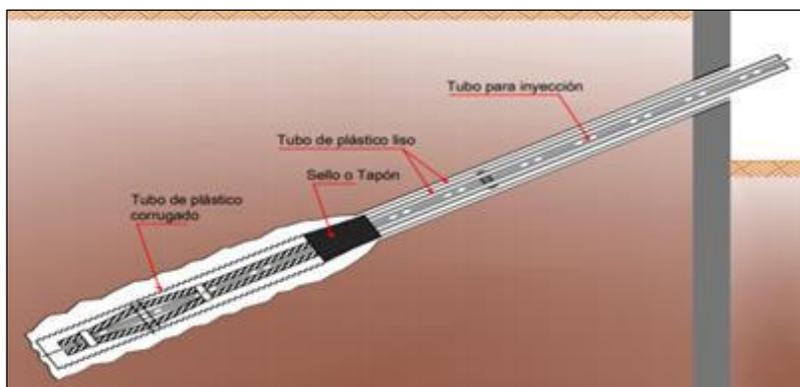
**Fuente:** (Ramos, 2011, pág. 16)

#### **h. Instalación de los tirantes**

Para la instalación de los tirantes debemos controlar muy bien la perforación y colocación de estos ya que el tiempo de

inyección de anclaje debe ser el más reducido posible. Se debe disponer de centradores junto con el tirante para poder obtener un recubrimiento mínimo. (Espíritu Diestra, 2020)

**Ilustración 16.** *Instalación del tirante.*



**Fuente:** (Ramos, 2011, pág. 17)

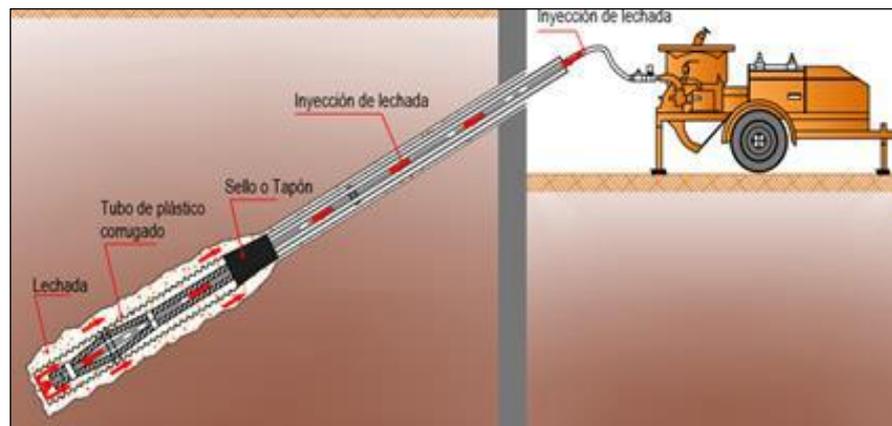
#### **i. Inyección del anclaje**

Esta se realiza iniciando desde el fondo a la boca de la perforación como se indicó anteriormente la relación agua/cemento de la lechada varía entre 0.4 a 0.6. Preparamos la lechada y luego procedemos a colocar dentro de la perforación una inyectora, esta nos ayudara a bombear la mezcla que realizamos a través de una manguera. (Espíritu Diestra, 2020).

Procedemos con el bombeo de la lechada sin suministrar alguna presión hasta que esta llegue al fondo, esta comenzara a retornar por poco a poco pasando por el espacio entre la pared y la perforación, el forro que protege el anclaje hasta que finalmente sale por la boca de esta.

Finalmente se calafatea el espacio entre la perforación y el anclaje, continuamos con la inyección, pero ahora si suministrando presión mediante una bomba hasta que se logre obtener una presión según las especificaciones.

**Ilustración 17. Inyección**



**Fuente:** (Ramos, 2011, pág. 18)

#### **j. Tensado del anclaje**

Finalmente, como mencionamos anteriormente este proceso nos permite aplicar una carga contra el terreno además que este nos indica si los pasos realizados anteriormente cumplen con los criterios de diseño. (Espíritu Diestra, 2020).

Para ello se realizan los siguientes pasos:

- Limpiar la superficie de apoyo y cables del anclaje, retirar cuerpos existentes para que la estructura esta lisa y se pueda realizar una correcta instalación.
- Debemos de verificar que exista una longitud adicional de los cables para el anclaje y que cumpla con el requerimiento mínimo de 0.8m
- Se debe utilizar una placa de 350x350x32 para cabezas de 7 cables o de 320x320x25 si son cabezas de 3 o 4 cables para la instalación de la placa de apoyo.
- Instalar cabeza de acuñado
- Finalmente se debe realizar un ensayo de anclaje y los ensayos para la aceptación.

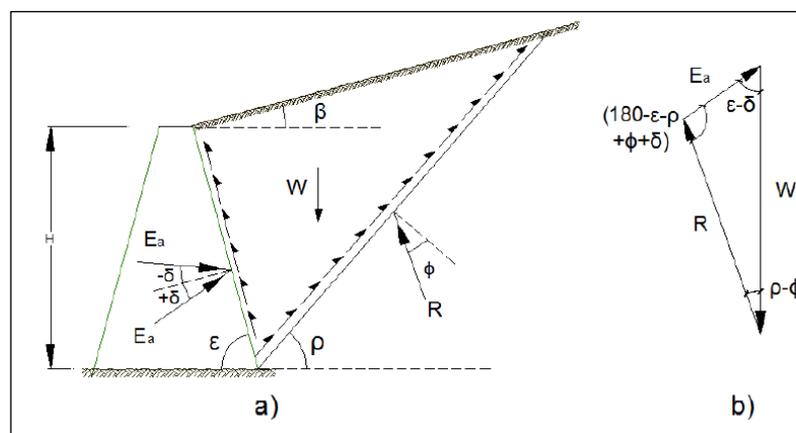
- Apoyar el gato hidráulico de forma correcta sobre la cabeza del anclaje.
- Colocar las cuñas en la cabeza del acuñado
- Realizar el ensayo de aceptación DIN4125 el cual verifica la calidad de ejecución de los anclajes.
- Se certifica la aceptación de los ensayos
- Desmonte del gato de tensado.

### 2.2.2.11. Coeficiente de empuje

#### a. Empuje activo

Este valor nos ayuda a conocer que fuerza se necesita para provocar una falla en el talud, esta se puede calcular de las siguientes fuerzas. (Enciso Saldaña & Nuñez Alvaro, 2019)

**Ilustración 18.** Fuerzas de empuje activo



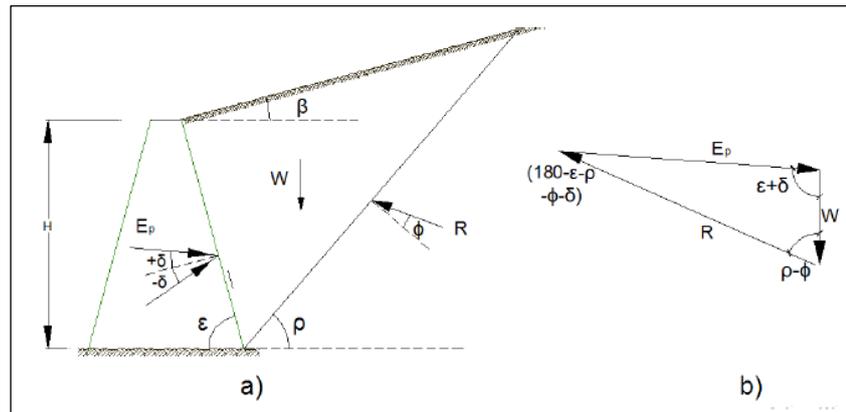
**Fuente:** (Macedo, 2016, pág. 114)

En la imagen de la izquierda podemos observar la condición de falla mientras que en la de la derecha se puede observar el triángulo de fuerza para  $E_a$ .

#### b. Empuje pasivo

Este nos ayuda a conocer la fuerza que la estructura aporta a que se mantenga una estabilidad en el talud. (pág. 14).

**Ilustración 19. Fuerzas de empuje pasivo**



**Fuente:** (Macedo, 2016, pág. 115)

En la imagen de la izquierda podemos observar la condición de falla asumida mientras que en la de la derecha se puede observar el triángulo de fuerza para  $E_p$ .

#### 2.2.2.12. Fallas para muros anclados

Usualmente estas fallas se producen debido a que existe un exceso en las cargas que se ejercen sobre el anclaje, esto puede estar vinculado con las cargas de tensión, de fuerzas del agua, fuerzas sísmicas, entre otras.

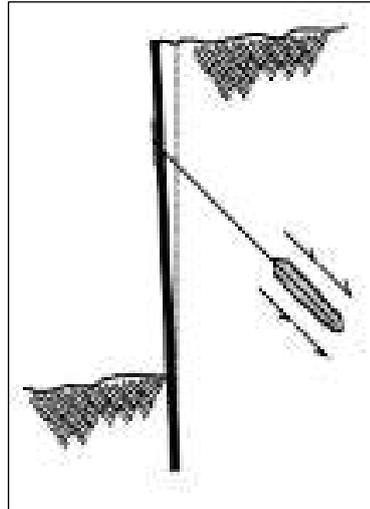
A continuación, se muestran las causas de fallas para muros anclados que puede llegar a ser por los tendones, la masa del suelo, el bulbo, etc. (Enciso Saldaña & Nuñez Alvaro, 2019)

#### 2.2.2.13. Fallas locales para muros anclados

##### a. Falla del tendón por tensión

Esta falla ocurre cuando el tendón recibe esfuerzos de tensión mayores a los que este por su capacidad estructural no puede resistir. En este caso ocurre la falla. (pág. 14).

**Ilustración 20.** *Falla del tendón por tensión.*



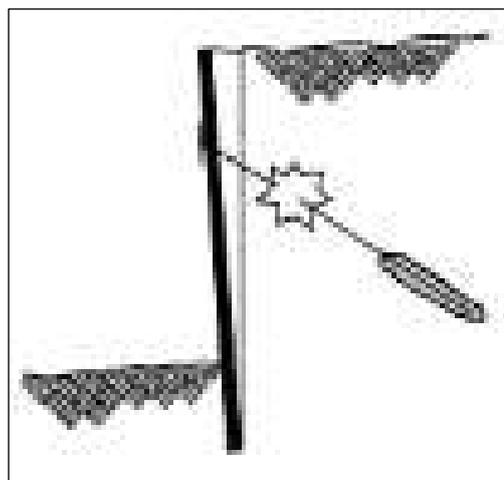
**Fuente:** (Monroy, 2007, pág. 95)

**b. Falla por arranque de la unión del bulbo con el suelo**

La resistencia de esta unión por la cual el anclaje moviliza la fuerza perimetral depende de la presión normal, de la cohesión en el perímetro del bulbo y de la fricción

Para que el bulbo pueda tener una mejor resistencia se trabaja este con un mayor diámetro o con una mayor longitud para que no ocurra esta falta. (pág. 14)

**Ilustración 21.** *Falla por arranque de la unión del bulbo con el suelo.*

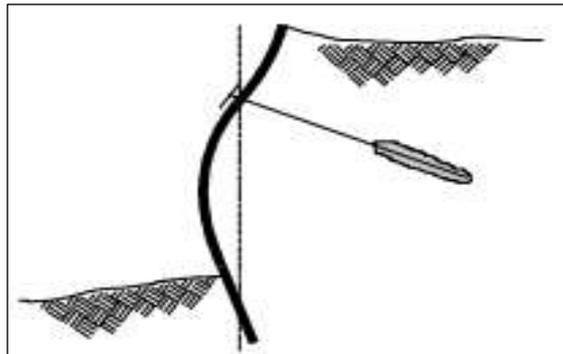


**Fuente:** (Monroy, 2007, pág. 95)

### c. Falla por arranque de la unión del tendón con el bulbo

Esta falla ocurre ya que existen problemas de fricción, adherencia e integración mecánica en la unión de la varilla o acero de cable con la lechada. (pág. 15)

**Ilustración 22.** *Falla por arranque de la unión del tendón con el bulbo*



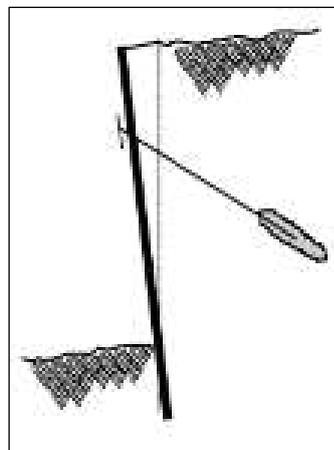
**Fuente:** (Monroy, 2007, pág. 95)

### d. Falla por flexión del muro

Esta falla puede ocurrir cuando existen esfuerzos de flexión o esfuerzos cortantes que exceden lo que puede soportar la estructura superficial.

Esta misma falla puede darse de igual forma cuando existe un punzonamiento, por lo que este debe estar presente en el diseño de la estructura. (pág. 15)

**Ilustración 23.** *Falla por flexión del muro.*



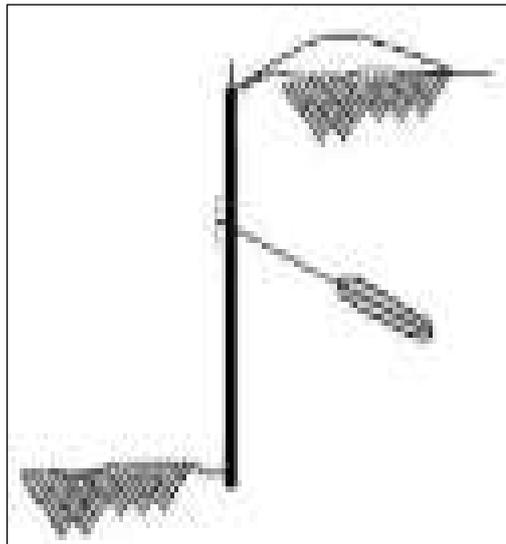
**Fuente:** (Monroy, 2007, pág. 95)

#### e. Falla de la masa del suelo

Como su nombre lo indica esta falla se da porque la capacidad de soporte del suelo lateral no soporta las cargas de tensionamiento que se le aplican. Como esta carga se ve superada el suelo produce un movimiento hacia arriba.

Para evitar este tipo de falla se recomienda que la hilera de anclajes que se colocan primero se encuentra a una buena profundidad para evitar la falla del suelo, ya que esta falla ocurre con más regularidad en las anclas superficiales. (pág. 15)

**Ilustración 24.** *Falla de la masa del suelo*



**Fuente:** (Monroy, 2007, pág. 95)

#### f. Falla progresiva

Este tipo de falla se extiende por toda la estructura provocando un colapso se le denomina colapso progresivo. Este último se produce debido a que el suelo con el que se trabaja posee baja capacidad para el arqueamiento y para distribuir las cargas a los anclajes cercanos. (pág. 15)

**Ilustración 25.** *Falla progresiva*



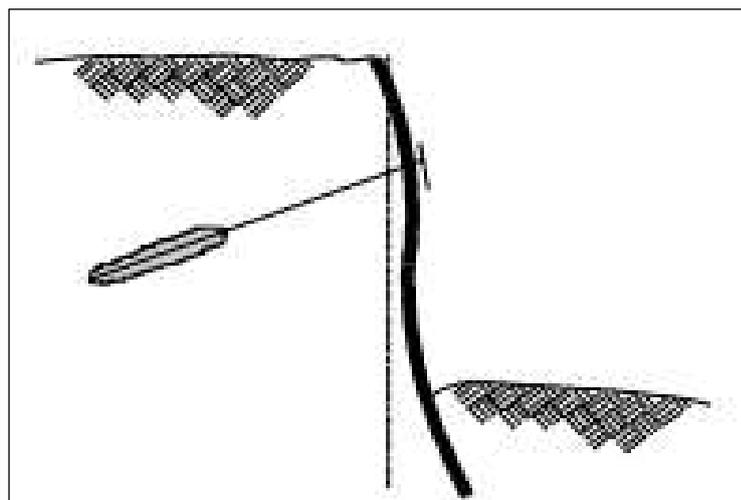
Fuente: (Monroy, 2007, pág. 95)

#### 2.2.2.14. Fallas generales para muros anclados

##### a. Falla por rotación progresiva

Esta ocurre antes de la instalación del anclaje, normalmente se produce porque la dimensión del empotramiento del muro es muy corta, ya que esta debe tener el largo suficiente para evitar la gira de esta, además que no es suficiente la capacidad pasiva del suelo para retener el empuje activo del suelo ni el pie del muro. (pág. 16)

**Ilustración 26.** *Falla por rotación progresiva*

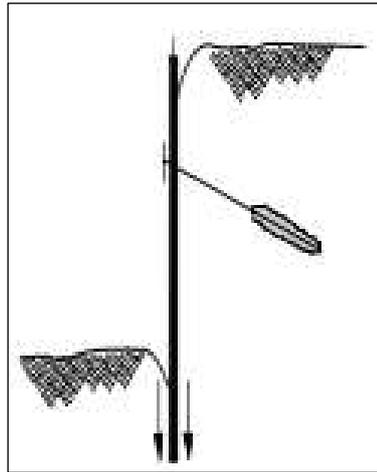


Fuente: (Monroy, 2007, pág. 98)

**b. Falla por insuficiencia de capacidad axial**

La falla se produce cuando la capacidad portante del suelo se ve superada por la carga axial del muro, esto provoca asentamientos diferenciales o hasta globales. (pág. 16)

**Ilustración 27.** *Falla por insuficiencia de capacidad axial*

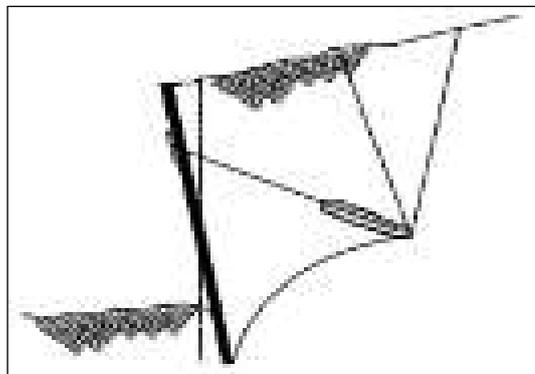


**Fuente:** (Monroy, 2007, pág. 98)

**c. Falla por vuelco**

Esta falla puede ocurrir a diferentes profundidades por lo que se debe analizar esta en diferentes alturas, teniendo en consideración que se puede producir más de un punto de giro y considerar las fuerzas que se presentan en el elemento de retención. (pág. 16)

**Ilustración 28.** *Falla por vuelco.*

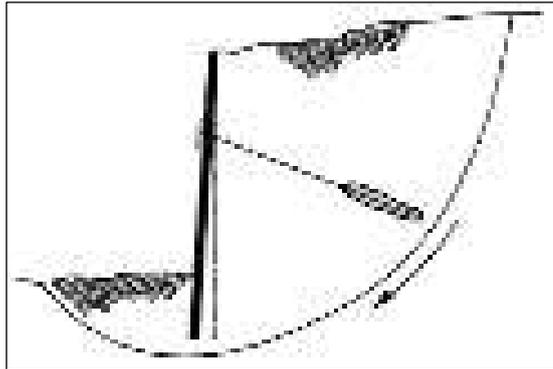


**Fuente:** (Monroy, 2007, pág. 98)

#### d. Falla por deslizamiento

Esta falla se produce en toda la estructura por lo que incluye tanto los muros como el anclaje, aparte de ello nos permite determinar la longitud mínima de anclaje considerando la fuerza que produce este (pág. 16)

**Ilustración 29.** *Falla por deslizamiento*

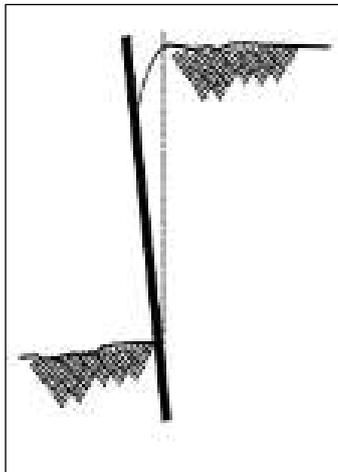


**Fuente:** (Monroy, 2007, pág. 98)

#### e. Falla por insuficiencia de capacidad pasiva

Esta falla puede darse por una falla de punzonamiento, pero principalmente se produce cuando la capacidad pasiva del suelo y los esfuerzos de tensión del tendón son menores a la del empuje activo del suelo. (pág. 15)

**Ilustración 30.** *Falla por insuficiencia de capacidad pasiva.*

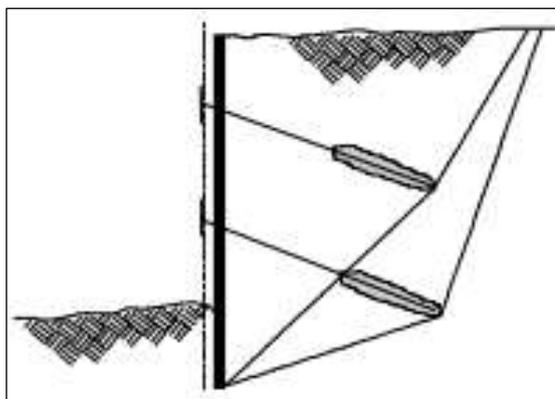


**Fuente:** (Monroy, 2007, pág. 98)

#### f. Falla por rotación de masa de suelo

Esta falla se produce debido a que existe un desnivel por lo que el suelo tratará de nivelarse lo que provocará planos de falla, esta falla solo se podrá evitar si es que el suelo tiene la suficiente capacidad y se produce por los sistemas de contención. (pág. 16)

**Ilustración 31.** *Falla por rotación de masa de suelo.*



**Fuente:** (Monroy, 2007, pág. 98)

#### 2.2.2.15. Análisis de datos de prueba de rendimiento

Durante una prueba de rendimiento se miden los movimientos elásticos a partir de un incremento de carga. Este se basa en los movimientos elásticos que producen del anclaje al suelo y es uno de los criterios de aceptabilidad para el rendimiento.

Estos incrementos de carga se agrupan en ciclos para medir en ellos los movimientos elásticos. Existe un valor mínimo especificado respecto a los movimientos elásticos máximos que se permiten para que un anclaje al suelo se considere aceptable. (Enciso Saldaña & Nuñez Alvaro, 2019)

#### 2.2.2.16. Criterios de aceptación

Para ello se tienen en consideración el movimiento que se produce durante una retención de carga y también el

movimiento elástico que se mide durante una prueba de carga. En este se consideran: (pág. 55).

**a. Arrastramiento**

- Se emplean pruebas de fluencia, esto como parte de la prueba de rendimiento
- Evalúa el arrastre de la lechada a través del suelo en cada anclaje que se produjo
- Los movimientos durante retención de carga deben ser inferiores a los especificados
- El movimiento que se mide en cargas de retención en las pruebas de rendimiento no tiene que sobrepasar 1mm en un intervalo de 1 a 10 minutos. Para poder considerar este periodo como aceptable respecto a la fluencia, este debe ser inferior a 1mm
- Si los movimientos totales exceden los intervalos anteriormente propuestos para las pruebas de carga, esta se retiene en periodo adicional de 50 minutos.
- En el movimiento adicional si no supera los 2mm en intervalo de 6 y 60 minutos se puede considerar respecto a la fluencia, un anclaje aceptable.
- En cualquier retención de carga esta no debe sobrepasar los 2mm para cualquier movimiento total.
- Si la carga de fluencia es aceptable entonces la carga de anclaje puede disminuir al 50% de la carga de fluencia que se mide en el registro.

**b. Longitud libre aparente**

Se refiere a la longitud del tendón, dicho de otra forma, es la longitud basada en los movimientos elásticos que se hallaron

en la carga de prueba. Esta es la base para poder evaluar la aceptabilidad de un suelo.

Cuando se encuentran múltiples hilos largos, puede llegar a darse el caso de que el módulo elástico del fabricante es mayor al módulo elástico del tendón de múltiples hilos por lo que se reducir en un 3 a % del módulo elástico que reportan los fabricantes, esto para satisfacer los criterios de longitud libre aparente. (pág. 56)

### 2.3. Definiciones de términos

- a. **Límite de fluencia:** Se define como el desplazamiento máximo que se permite debido a la fluencia para un específico intervalo de carga. (Enciso Saldaña & Nuñez Alvaro, 2019).
- b. **Estabilidad de un muro anclado:** Es la propiedad de un cuerpo de mantenerse en equilibrio, esto se obtiene mediante los tirantes de anclajes ya que estas tienen la capacidad de soportar las fuerzas que se cargan sobre el muro. (Enciso Saldaña & Nuñez Alvaro, 2019).
- c. **Lechada:** Está compuesto de agua y cemento y cumple la función de transferir las fuerzas de tracción y de la misma forma contribuye a la corrosión. (Espiritu Diestra, 2020).
- d. **Modelación numérica:** Según (Enciso Saldaña & Nuñez Alvaro, 2019) es un modelo que nos ayuda a entender un fenómeno mediante ecuaciones matemáticas.
- e. **Anclaje:** Según (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015) define un anclaje como un elemento estructural que transmite al terreno en donde trabajaremos, una carga de tracción, esta debe instalarse en el suelo o roca.
- f. **Excavación estructural:** Proceso por el cual excavamos una zanja para la cimentación que puede ser realizada a mano o con maquinaria, esto va depender de la profundidad, tamaño e ubicación de esta. (Camones Salvador, 2017).

- g. Carga de referencia:** Se refiere a la carga que usamos para poder medir los desplazamientos que se van a producir en los ensayos de tensado, esta se define como la décima parte de la carga de ensayo. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015).
- h. Longitud de bulbo:** Según (Espíritu Diestra, 2020) es teóricamente la longitud del tirante por la cual podemos transmitir al terreno la fuerza tracción mediante una zona inyectada.
- i. Falla:** Como su nombre lo indica esta falla se da porque la capacidad de un cuerpo no soporta las cargas de tensionamiento que se le aplican por lo que pierde resistencia (Enciso Saldaña & Nuñez Alvaro, 2019).
- j. Carga crítica en fluencia:** Esta es la carga final en función de la carga que aplicamos al tirante que se encuentra en la primera parte de la curva de fluencia. (Aponte Cervantes & Sulca Torres, 2015).

## 2.4. Formulación de Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

El comportamiento estructural de los muros anclados mejorará positivamente al emplear inclinómetro en el proceso constructivo.

### 2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Los desplazamientos verticales más críticos se alterarán en los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo.
- b) Los esfuerzos más críticos en los muros anclados pos tensados variarán al emplear inclinómetro en el proceso constructivo.
- c) La zona más crítica dentro del comportamiento estructural se modificaría en la parte en voladizo de los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo.

## 2.5. Variables

### 2.5.1. Definición conceptual de las variables

#### Variable independiente (X):

##### Muros anclados pos tensados

Los muros anclados postensados son estructuras construidas por un método que sirve para poder reforzar el concreto y otros materiales con cables o a través de barras de alta resistencia que de alguna manera se pueden comparar con la tensión de los tendones.

#### Variable dependiente (Y):

##### Inclinómetro

El inclinómetro es el equipo o instrumento que se emplea para poder medir la inclinación que existe entre un plano respecto a la superficie.

### 2.5.2. Definición operacional de las variables

**Variable Independiente (X): Muros anclados pos tensados.** – Los muros postensados sirven para poder soportar cargas de gravedad ya que al ser reforzadas presentan una resistencia a la flexión en el plano y fuera del plano horizontal.

**Variable dependiente (Y): Inclinómetro.** – El inclinómetro es utilizado en topografía el cual es un instrumento usado para poder medir la inclinación de los muros postensados en la estabilización de muros ya que la colocación del ángulo de los tendones ayudara a mejorar la estabilidad del muro.

### 2.5.3. Operacionalización de la variable

OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES			
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
1: Variable Independiente	Esfuerzos	Modelamiento estructural	Análisis con software SAP 2000

Muros anclados pos tensados	Desplazamiento vertical	Modelamiento estructural	Análisis con software SAP 2000
	Momentos actuantes	Modelamiento estructural	Análisis con software SAP 2000
2: Variable Dependiente  Inclinómetro	Angulo de colocación	Modelamiento estructural	Distribución de cargas
	Carga aplicada	Metrado de cargas	Análisis de esfuerzos
	Peso de la estructura	Metrado de cargas	Análisis de esfuerzos

## 2.6. Definición Operacional de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA				
						1	2	3	4	5
1: Variable Independiente  Muros anclados pos tensados	Los muros anclados postensados son estructuras construidas por un método que sirve para poder reforzar el concreto y otros materiales con cables o atravez de barras de alta resistencia que de alguna manera se pueden comparar con la tensión de los tendones.	Los muros postensados sirven para poder soportar cargas de gravedad ya que al ser reforzadas presentan una resistencia a la flexión en el plano y fuera del plano horizontal.	Esfuerzos	Modelamiento estructural	Análisis con software SAP 2000	X				
			Desplazamiento vertical	Modelamiento estructural	Análisis con software SAP 2000	X				
			Momentos actuantes	Modelamiento estructural	Análisis con software SAP 2000	X				
2: Variable Dependiente  Inclinómetro	El inclinómetro es equipo o instrumento que se emplea para poder medir la inclinación que existe entre un plano respecto a la superficie.	El inclinómetro es utilizado en topografía el cual es un instrumento usado para poder medir la inclinación de los muros postensados en la estabilización de muros ya que la colocación del ángulo de los tendones ayudara a mejorar la estabilidad del muro.	Angulo de colocación	Modelamiento estructural	Distribución de cargas	X				
			Carga aplicada	Metrado de cargas	Análisis de esfuerzos	X				
			Peso de la estructura	Metrado de cargas	Análisis de esfuerzos	X				

## CAPÍTULO III

### METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Método de la Investigación

Según Lino Q, (2004). *“Se utilizó como métodos teóricos el análisis y síntesis; y como métodos específicos se utilizará la observación y la experimentación; los teóricos se interesan por la descomposición del todo en sus partes y la reconstrucción del hecho, además los específicos se interesan por identificar las cualidades y características del hecho y al mismo tiempo manipular las variables”*.

La presente investigación tuvo una aplicación *Cuantitativa*.

#### 3.2. Tipo de Investigación

Según Carrasco, (2005), menciona: *“Ella trata de comprender y resolver el problema, así mismo como esta genera mejora y afianza a la gestión del recurso”*.

La presente investigación es Aplicada ya que se está utilizando la ciencia y teoría existente para el desarrollo del mismo.

#### 3.3. Nivel de la Investigación

Según (Sabino Muñoz, Ledesma (2008, p. 19), *“Permite describir las manifestaciones de las variables y aplicar un nuevo modelo, sistema para mejorar la situación problemática”*.

La presente investigación fue de nivel Explicativo el cual comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual.

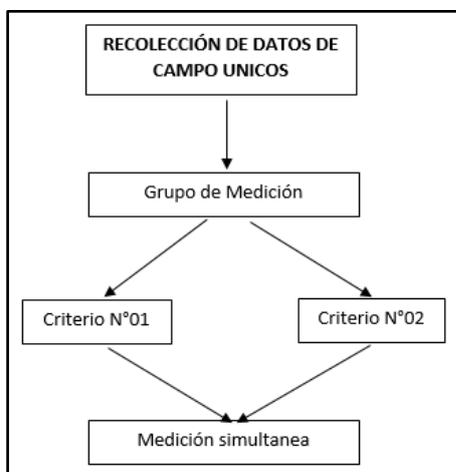
#### 3.4. Diseño de la Investigación

La presente investigación es de diseño de la investigación Causal - Correlacional.

Según (Hernández Fernández y Bonilla, 2010, pág. 120) menciona: *“El método de investigación experimental es aquella en donde se puede manipular las variables, ya que se basa fundamentalmente en las observaciones de los diferentes fenómenos en un contexto natural para poder ser analizados en un tiempo prolongado”*.

Siendo el diseño esquematizado explicado de la siguiente manera:

**Ilustración 32.** *Esquema del diseño de la investigación*



Fuente: (Ezequiel, 1984)

### 3.5. Población, muestra y el muestreo

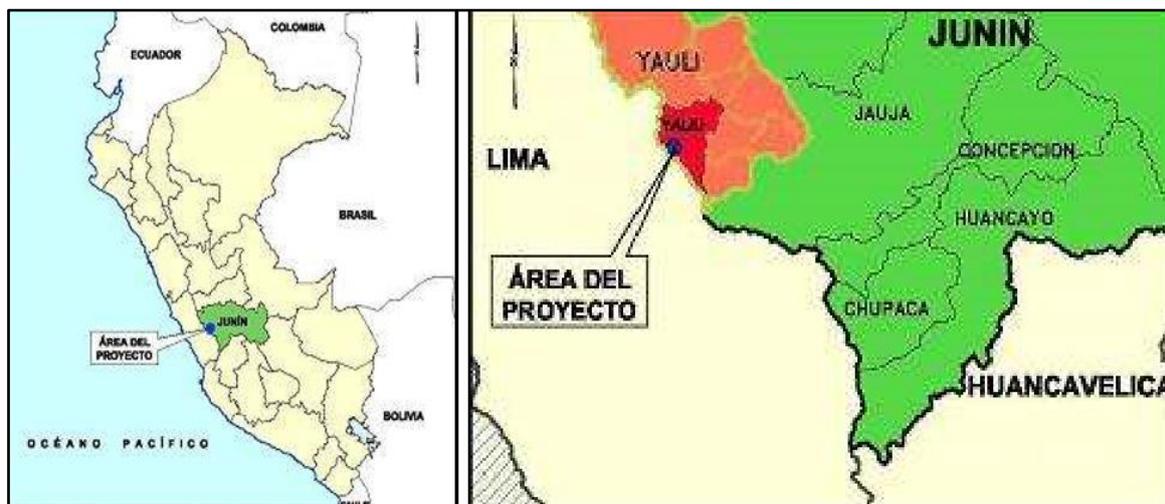
En la presente investigación lo he desarrollado con los siguientes lineamientos de población y muestra.

#### 3.5.1. Población

Según Hernández Sampieri, (2014), define que: *“Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones”*.

La población de la presente investigación está definida en el flanco de la cordillera de los Andes Centrales del Perú, entre el túnel de integración y el túnel victoria, ubicado en la comunidad de Yauli, provincia de Yauli en el departamento de Junín, cubre un área aproximadamente de 424.2 km<sup>2</sup> con altitudes promedio entre los 4,100 m.s.n.m. y 4,700 msnm.

**Ilustración 33.** *Ubicación del flanco de la cordillera de los Andes.*



### 3.5.2. Muestra

Según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014, pág. 125) mencionan: *“La muestra es un subgrupo de la población o también denominado un subconjunto de todos los elementos utilizados con características similares al que se ha denominado población”*.

Los afloramientos de la zona de estudio presenta fuerzas comprensivas de dirección E-W que se originaron durante el Cretáceo (Plegamiento "Peruano"), comenzaron a formar el anticlinal Morococha, que tiene una orientación NW – SE, y forma una ventana estructural con exposición del basamento paleozoico, mesozoico y cenozoico; perturbado por las diferentes orogenias e intrusivos generando un área estructuralmente compleja, la misma que llevó a esta zona a convertirse en una de las áreas más propicias para el desarrollo de varios yacimientos de depósitos minerales como vetas, mantos, cuerpos de reemplazamiento y mineralización.

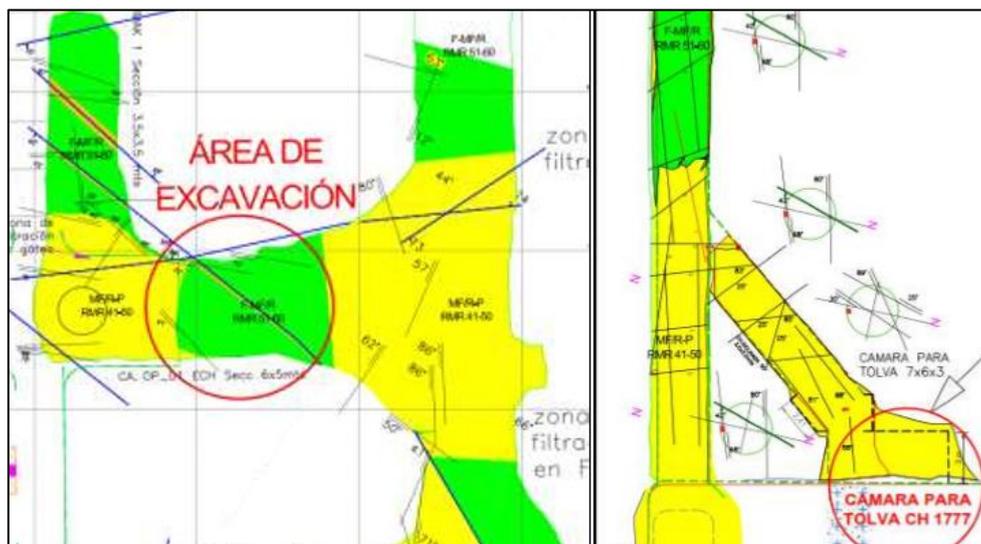
**Ilustración 34.** *Vista del pliegue de Pucará*



Fuente: Fracturamiento de San Cristobal

Se cuenta con la evaluación y zonificación geomecánica del avance, por la chimenea 1777, además de contar con la información estructural en el túnel de integración.

**Ilustración 35.** *Área de excavación de la cámara de Tolva.*



### **3.6. Técnicas e instrumentos de investigación**

Los instrumentos utilizados en la presente investigación fueron los ensayos de mecánica de suelos analizados, los estudios geo mecánicos realizados.

- a. Topografía del terreno
- b. Tipo de roca
- c. Análisis de suelos
- d. Agregados.

#### **3.6.1. Fichas de Campo**

Se ha escogido como información:

- a. Plano topográfico
- b. Área afectada
- c. Densidad poblacional
- d. Brújula
- e. Wincha
- f. Picota
- g. Libreta de campo
- h. Lupa

#### **3.6.2. Técnicas de recolección de datos**

Se llama las técnicas de recolección de datos a los diversos métodos utilizados para la recolección de datos por el investigador, para el desarrollo de la investigación. Se empleará una recolección de datos para las diferentes muestras pertenecientes a la zona evaluada y los criterios establecidos o requeridos en el diseño.

Para entender el comportamiento actual del macizo rocoso se ha realizado inspección diaria, de manera que pueda entender su comportamiento de la excavación realizada (Túnel Victoria). Para esto he realizado lo siguiente:

- a. Reconocimiento litológico-estructural de superficie.
- b. Mapeo geomecánico en afloramientos rocosos de superficie y excavaciones subterráneas.

- c. Ensayos de campo (resistencia a la compresión uniaxial con picota de geólogo).
- d. Recopilación de información proporcionada por colegas especialistas en el campo (planos topográficos, geológicos) para propósitos del informe.

### 3.7. Procesamiento de información

#### 3.7.1. Coordenadas Geográficas de la localidad

Latitud : 8717495 N  
 Longitud : 3749967 E  
 Altitud : 4638 m.s.n.m

#### 3.7.2. Características demográficas de la localidad

##### a. Vía Terrestre (opción A)

**Tabla 1. Vías de acceso A.**

RUTA	TIEMPO	ESTADO
Lima – La Oroya	240 min.	Carretera Asfaltada
La Oroya - Yauli	60 min.	Carretera Asfaltada
Yauli – Zona analizada	15 min.	Trocha Carrozable
TOTAL	315 min.	

**Fuente:** Ministerio de transportes y comunicaciones

##### b. Vía Aérea (opción B)

**Tabla 2. Vías de acceso B.**

RUTA	TIEMPO	ESTADO
Lima – Aeropuerto Jauja	60 min.	Vuelo
Aeropuerto - Yauli	180 min.	Carretera Asfaltada
Yauli – Proyecto	15 min.	Trocha Carrozable
TOTAL	255 min.	

**Fuente:** Ministerio de transportes y comunicaciones

### **c. Geomorfología**

Está constituida por típicos valles glaciares en forma de U que discurren en dirección NW y SE controladas por las estructuras de rumbo andino, con un relieve suave y moderado y con pendientes mayormente menores a 30 % en el sector noroeste que corresponden a las cabeceras de las quebradas; en algunos sectores como en la parte intermedia de la Qda. Andaychagua, las quebradas de los sectores como en la Qda. Pacchapuquiopampa, Quebrada Victoria y la Qda. Ayamachay la pendiente se presenta más pronunciada, aproximadamente entre 40% y 60%.

Su relieve es abrupto y empinado entre los 3,500 y los 4,500 msnm, presenta desfiladeros rocosos con cumbres afiladas, producto de la erosión glacial pasada. En esta zona el clima es bastante frío húmedo y nublado. Las temperaturas presentan grandes oscilaciones térmicas entre el día y la noche y las precipitaciones son abundantes.

### **d. Clima y vegetación**

El clima de la zona es generalmente frío y seco, como corresponde a la región Puna, con presencia estacional de grandes precipitaciones pluviales, se reseña las condiciones climáticas tomadas de los estudios y monitoreo anteriormente desarrollados por el área de medio ambiente.

- Temperatura máxima 17°C.
- Temperatura promedio en verano 15°C.
- Temperatura promedio en invierno 10°C.
- Velocidad del viento máxima de 36 km/h.
- Evaporación de 3,3 cc/hora.

Durante los meses comprendidos entre noviembre y abril se producen grandes precipitaciones pluviales, nevadas y granizadas. En los meses de mayo a octubre las condiciones son de sequía.

**e. Marco geológico**

El distrito minero es bastante antiguo donde los primeros trabajos geológicos fueron realizados por personal de la empresa Cerro de Pasco Corporation, entre los años 1928 a 1930, posteriormente por personal de Centromín-Perú y luego por el personal de Volcán Compañía Minera S.A.A. En el informe más reciente se menciona condiciones geológicas, litológicas y estructurales la UEA Yauli, para el desarrollo del proyecto, esta evaluación tuvo como propósito determinar condiciones litológicas y estructurales de la roca volcánica formación Catalina emplazada en las unidades Carahuacra y San Cristóbal, principalmente.

**f. Geología regional**

Las Unidades Económicas Administrativas de Yauli se ubican en el flanco Este de la Cordillera de los Andes Centrales del Perú, al Este de la divisoria continental a una altitud promedio de 4150 - 4 700 m.s.n.m. La morfología en la zona presenta relieves suaves y accidentados sus pendientes elevadas (35° a 48°), en zonas rocosas.

El distrito minero de San Cristóbal está localizado en la parte Sur Oeste de una amplia estructura regional del Domo que abarca casi íntegramente los distritos de Morococha, San Cristóbal y Andaychagua. Esta estructura inicialmente fue denominada Complejo Domal de Yauli, actualmente recibe el nombre de Domo de Yauli y representa una ventana de formaciones Paleozoicas dentro de la faja intracordillerana de formaciones Mesozoicas. El Paleozoico tiene dos pisos, el inferior formado por el grupo Excélsior y el superior por el grupo Mitu; el Excélsior está aflorando a lo largo del anticlinal de Chumpe en la parte Oeste del Domo y en el anticlinal de Ultimátum hacia el Este; el Mitu aflora en la mayor parte del Domo.

Litológicamente las rocas que afloran en el área de estudio están comprendidas en edades desde el Paleozoico Inferior, Cretáceo Medio, Terciario y depósitos del Cuaternario. Estructuralmente las fallas y fracturas transversales al Domo de Yauli fueron importantes para los

depósitos tipo vetas y cuerpos los que están localizados en fallas normales con rumbo general Noreste-Suroeste y Noroeste-Sureste respectivamente.

#### **g. Geología local**

El área del proyecto está en la estructura regional conocida como domo Yauli, rocas volcánicas y metamórficas. La roca que conforma el trazo del túnel son dos rocas bien definidas: volcánica y metamórficas las filitas. En superficie la roca predominante es la caliza, está se encuentra emplaza sobre el volcánico, la cual se encuentra moderadamente fracturada y ligeramente meteorizada, con cobertura de material coluvial de espesores variables.

Las geo estructuras del medio geológico están limitadas a pequeñas fallas y diaclasas. Las discontinuidades (diaclasas) tienen rumbo Oeste-Este y sus buzamientos son verticales. El espaciamiento de las juntas varía entre 20 y 60 cm, lo que le da al macizo rocoso una estructura de bloques de tamaño mediano.

**Fotografía. 1.** *Extracción de muestras de rocas*



**Fotografía. 2.** Procedimiento de extracción de diamantina de roca



**Fotografía. 3.** Colocación e identificación de estrato rocoso



### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

Para el análisis de los datos se utilizó la siguiente técnica de investigación: Se trabajará cuadros de resultados obtenidos que servirán para presentar en forma ordenada el análisis de las variables. De la misma manera se usarán los siguientes softwares sap2000, unwedge, dips, que permitirán procesar datos obtenidos con los instrumentos de recolección.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. Investigación de campo**

##### ***4.1.1. Mapeo geomecánico en interior mina***

La evaluación geomecánica ha sido realizada íntegramente dentro y en el mismo Túnel Victoria con la finalidad de caracterizar la masa rocosa a través de un índice numérico cuantitativo que permita discretizar la masa rocosa en dominios geomecánicas.

Los parámetros de observación y medición definidos en el mapeo geomecánico subterráneo fueron obtenidos y registrados en formatos estandarizados adecuándolos a las normas sugeridas por la “Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas” (I.S.R.M.). Entre los parámetros evaluados en los registros geomecánicas, podemos destacar los siguientes:

Tipo de roca, tipo de estructura, orientación de discontinuidades estructurales, grado de fracturamiento, espaciado, persistencia, apertura, rugosidad, tipo de relleno, espesor del relleno, grado de alteración y condición de agua subterránea en la roca.

##### ***4.1.2. Distribución de discontinuidades***

Para establecer las características de la distribución espacial de las discontinuidades estructurales (fallas) que involucra la masa rocosa asociada al Proyecto durante el mapeo geomecánico se tomaron registros detallados respecto al tipo de discontinuidades estructurales y su orientación en la notación buzamiento /

dirección de buzamiento como se aprecia en los registros del mapeo geomecánico. Estos datos orientacionales se han procesado estadísticamente empleando la técnica de proyección estereográfica equiangular, utilizando como herramienta el software DIPS.

#### **4.1.3. Distribución de discontinuidades**

En este acápite se resumen las características más relevantes de los aspectos estructurales, cartografiados durante el mapeo geomecánico en las excavaciones subterráneas (Túnel Victoria y su entorno físico). Las características estructurales promedias de las fallas (estructuras mayores) y diaclasas (estructuras menores) se describen en los siguientes acápites.

##### **a. Fallas**

Las características geomecánicas de las fallas presentes en el área de interés, By Pass 4207 y Túnel Victoria presentan espaciamientos variables por lo general mayores a >2 metros, con una persistencia que va desde unas decenas a cientos de metros, con aperturas moderadas, paredes de discontinuidad lisas. Estas fallas en los sectores evaluados por lo general presentan rellenos duros del tipo calcáreo el espesor de los rellenos de falla < 5mm, ligeramente alteradas, con presencia de ligera humedad.

##### **b. Diaclasas**

Las características geomecánicas de estas discontinuidades estructurales en los distintos dominios geo mecánicos que involucra las zonas de interés presentan espaciamientos variables entre 0.2m – 0.6m (ligeramente fracturadas a fracturadas), la persistencia es variable entre >10 metros, el grado de apertura en las paredes expuestas de estas diaclasas varía desde cerradas, angostas a muy angostas.

#### **4.2. Estimación de parámetros de resistencia**

##### **4.2.1. Resistencia de la roca intacta**

Para estimar la resistencia de la roca, se realizaron una serie de ensayos en campo (resistencia a compresión simple usando el martillo de rebote y la picota de

geólogo) y ensayos de Mecánica de Rocas en Laboratorio (propiedades físicas, compresión simple, compresión triaxial, constantes elásticas). La resistencia al esfuerzo de corte en las paredes de las discontinuidades, se ha estimado a través de los ensayos de laboratorio corte directo sobre discontinuidades simuladas. El resumen de los resultados de laboratorio para evaluar la resistencia de las discontinuidades se muestra.

#### **4.2.2. Resistencia de la masa rocosa**

Para la estimación de los parámetros de resistencia a nivel de la Masa Rocosa, en el Estudio se han utilizado los criterios de “Serafín-Pereira; 1983”, Hoek- Brown; 2002 y Karzulovic, 1999, los cuales toman como datos de entrada los resultados de la Clasificación geomecánica. Estos criterios son empíricos, pero resultan prácticos en la estimación de los parámetros geomecánicos a nivel de la masa rocosa, supliendo en alguna forma el error que se genera al extrapolar directamente los resultados de Ensayos de Mecánica de Rocas realizados en condiciones de Laboratorio, sobre muestras de roca intacta como parámetros de la masa rocosa, procedimiento que no considera el efecto de escalamiento. Los parámetros estimados a nivel de la masa rocosa, utilizando los criterios de Criterio de H&B; 2002, Serafín-Pereira; 1983 y Karzulovic; 1999 basados en parámetros obtenidos de la Clasificación geomecánica, ensayos realizados en campo y laboratorio según sugieren las normas de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas.

#### **4.2.3. Estimación del estado tensional**

La roca en profundidad está sometida a una serie de esfuerzos resultantes como por ejemplo del peso de los estratos sobreyacentes para un caso puramente geoestático y adicionalmente debido a los esfuerzos de origen tectónico-residual, sismológico para casos no geoestático. Independientemente de cual sea el caso geoestático o no geoestático al crear una excavación en la masa rocosa sometida a un estado de esfuerzos in-situ (preminado) su campo de esfuerzos es disturbado y en respuesta la masa rocosa genera una redistribución de los esfuerzos cuyo resultado conlleva a un nuevo estado de esfuerzos denominado esfuerzos inducidos en el entorno físico de la excavación. El conocimiento de la magnitud y dirección de los esfuerzos, es una componente esencial para el diseño subterráneo, debido a que

ocurren casos donde la resistencia de la roca es superada por la magnitud de los esfuerzos inducidos, generándose la inestabilidad de la excavación.

#### **4.2.4. Dirección de esfuerzos**

Para estimar la orientación de los esfuerzos, considerándose que en esta zona se carecen de estas estimaciones, en el presente Estudio se parte de la hipótesis de fallas conjugadas. Esta hipótesis postula que Las orientaciones de los esfuerzos principales a nivel local (Mina Carahuacra) están controlados en alguna medida por la dirección de las fallas principales ocurridas en el sector. Del análisis estereográfico (proyección de fallas y diaclasas), mostrados en la tabla 01 y la Imagen 10, se obtienen los siguientes sistemas de fallas conjugadas: (S1: 77/165; S2: 79/341); mediante la aplicación de la técnica de proyección estereográfica equiangular de estos sistemas de fallas y empleando el criterio de fallas conjugadas se obtienen los planos máximos de los esfuerzos  $s_1$ ,  $s_2$ , y  $s_3$ ; cuya interpretación finalmente permite estimar la orientación de los esfuerzos principales.

### **4.3. Aspectos técnicos**

Se cuenta con la evaluación y zonificación geomecánica de la labor, además de contar con la información estructural del túnel de integración y Túnel Victoria.

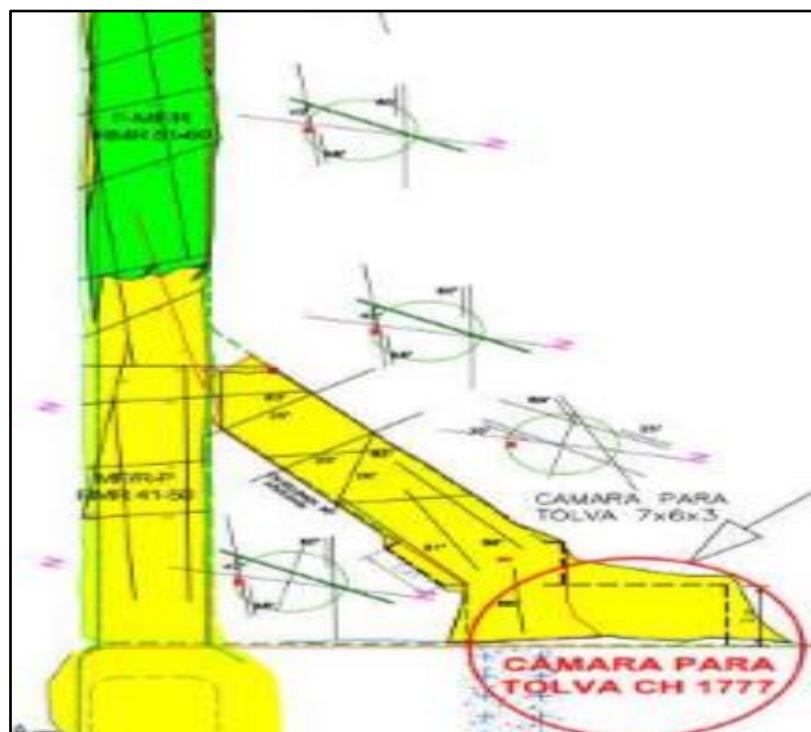
#### **4.3.1. Diseño de Proyecto**

Se cuenta con la evaluación y zonificación geomecánica del avance, por la chimenea 1777, además de contar con la información estructural en el túnel de integración.

**Ilustración 36.** Vista en planta para la Tolva analizada



**Ilustración 37.** Sección de la cámara de tolva de Ch 1777.



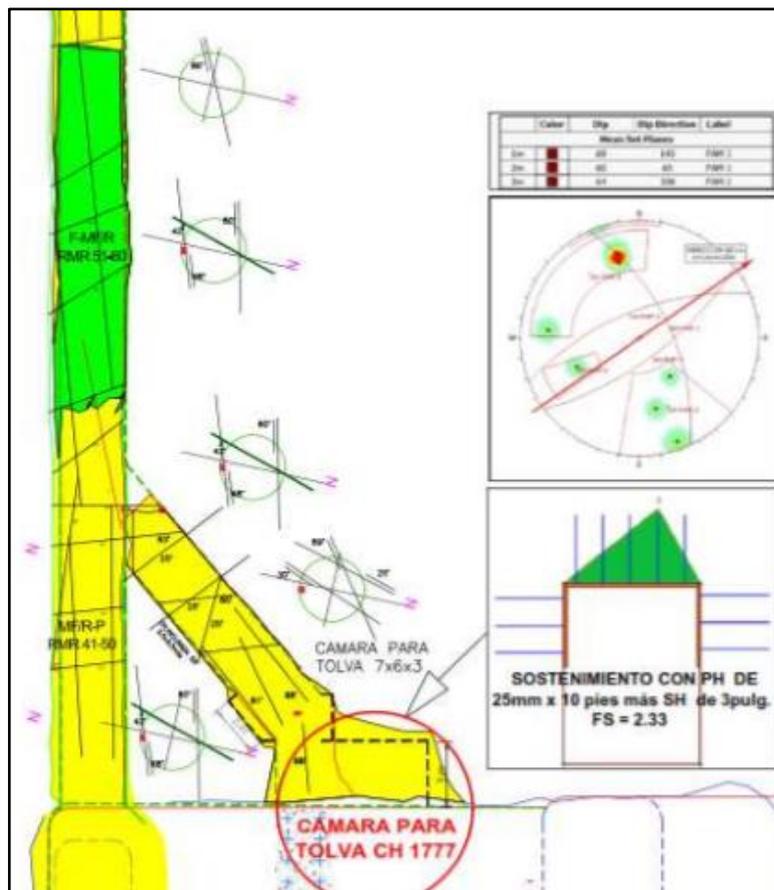
a. Caracterización de la masa rocosa

Los valores de la valoración del RMR fueron determinados mediante el registro de mapeo en campo (Celdas en Detalle). Se muestra la calidad del macizo rocoso por tipo de rocas presente en el área de estudio.

Litología	Rango RMR	RMR
Volcánico (Andesita)	49-53	IIIA-IIIB

Se realiza la caracterización primando la masa rocosa representativa, donde se evidencia la existencia de principales dominios de diaclasas que controlan en gran parte ambos hastiales con un RMR promedio de 51. En el frente de avance de la excavación tenemos 2 cuñas tetraedrales puntuales cuyos rumbos son subparalelos y subtransversales al eje de avance.

**Ilustración 38.** Mapeo estructural y zonificación Geomecánica donde se muestra el factor de seguridad.



**b. Aspectos litológicos**

Se evidencia la presencia de Flujos de lava, tufos, brechas y piroclastos, estructuras rocosas de composición típicamente andesítica y en sectores de composición dacítica pertenecientes a los “Volcánicos Catalina”; Calidad de roca identificada en todo el avance del proyecto del Túnel de Integración y túnel Victoria. La litología predominante corresponde a volcánicos andesíticos, con alteraciones de marga caliza de tonalidad marrón rojiza, presencia de alteración en halos finos de ceritización haciendo un macizo ligeramente alterado, según lo encontrado en el registro de mapeo de campo.

**c. Aspectos litológicos**

Se realizó en 02 tipos de roca.

- Tipo III A, GSI F/R
- Tipo III B, GSI F-MF/R

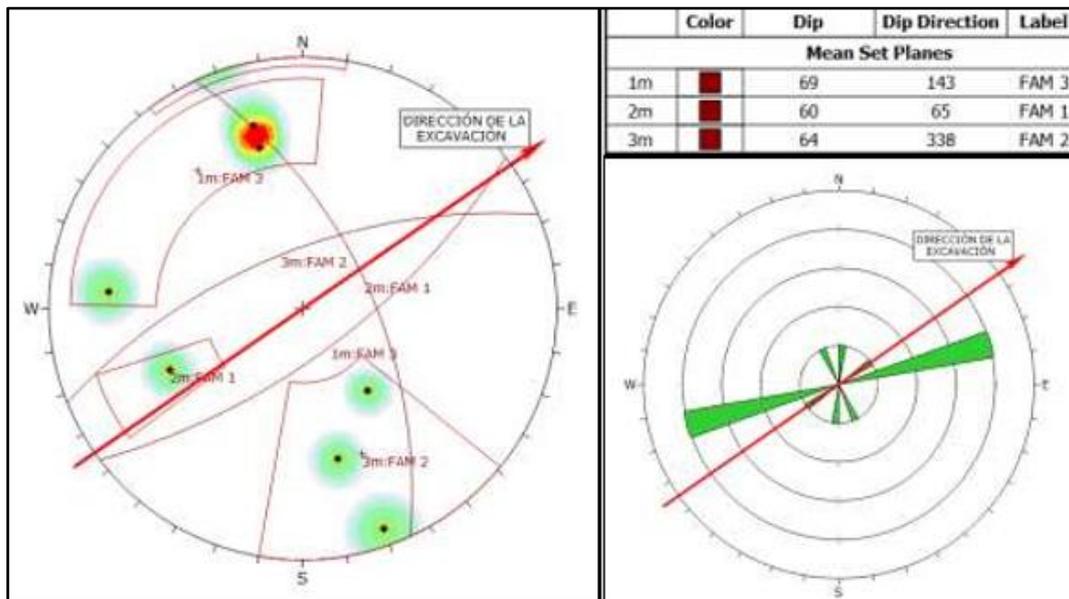
**4.3.2. Aspectos estructurales**

En este acápite se resumen las características más relevantes de los aspectos estructurales, cartografiados durante el mapeo geomecánico en afloramientos rocosos de superficie y excavaciones subterráneas (Túnel Victoria y su entorno físico). Las características estructurales promedias de las fallas (estructuras mayores) y diaclasas (estructuras menores) se describen en los siguientes acápites.

**a. Distribución de Discontinuidades**

Se realiza el registro de Azimut y Buzamiento de las estructuras, con el objetivo de identificar el dominio y arreglo estructural presente, la estimación se realiza mediante uso de técnicas de proyección estereográfica (Dips). Con el objetivo de determinar el dominio y arreglo estructural presente, se realiza el registro en campo y posterior modelamiento mediante Dips, logrando la siguiente configuración

**Ilustración 39.** Zonificación estructural de la cámara para tolva.



#### 4.3.3. Índice de fracturamiento de la roca RQD

Para el mapeo por celdas, a menudo, está disponible una imagen más tridimensional del espaciamiento de las discontinuidades. Palmström (1982) define a  $J_v$  como número de juntas presentes en un metro cúbico de roca.

$$J_v = J_x + J_y + J_z$$

Para el By Pass 4207, el valor de  $J_v$  sería:

$$J_v = 5 + 6 + 6 = 17$$

El valor de RQD será:

$$RQD = 115 - 3.3 * 17 = 60\%$$

Por lo tanto, para la valorización del RQD de la roca consideraremos el valor de 13.

#### 4.3.4. Mecanismo de falla

##### 4.3.4.1. Controlada por esfuerzos

Cálculo del factor de roca:

$$\frac{\text{Resistencia Compresiva Uniaxial}}{\text{Esfuerzo Vertical}} = \frac{150 \text{ Mpa}}{3.78 \text{ Mpa}} = 40$$

**Tabla 3. Factores de roca.**

NIVEL TENSIONAL	$\frac{\sigma_c}{\sigma_T}$	$\frac{\sigma_0}{\sigma_c}$	SRF (antiguo)	SRF (actual)
Tensiones pequeñas, cerca de la superficie, fracturas abiertas.	> 200	< 0.01	2.5	2.5
Tensiones medias, condiciones tensionales favorables	200 - 10	0.01 – 0.30	1	1
Tensiones elevadas, estructura muy comprimida. Normalmente favorable para la estabilidad.	10 - 5	0.30 – 0.40	0.50 – 2.00	0.50 – 2.00
Descostamiento moderado (Slabbing) después de 1 hora en rocas masivas.	5.00 - 3.00	0.50 – 0.65	5.00 – 9.00	5.00 – 50.00
Descostamiento y estallidos de la roca (Rock burs) después de algunos minutos en rocas masivas.	3.00 – 2.00	0.65 – 1.00	9.00 – 15.00	50.00 – 200.00
Estallidos violentos de roca (tensión-estallido) y deformaciones dinámicas inmediatas en rocas masivas	< 2.00	> 1.00	15.00 – 20.00	200.00 - 400.00

Al estar cerca de la superficie, el By Pass 4207, no presentará un mecanismo de falla por esfuerzos. Al calcular el valor de factor de roca, determinamos que es de 40, lo cual según la tabla SRF, indicaría que estamos frente a tensiones medias, condiciones tensionales favorables.

#### 4.3.5. Parámetros de la resistencia del macizo rocoso

##### a. Distribución de Discontinuidades

Uno de los parámetros más importantes para evaluar el comportamiento mecánico de la masa rocosa es la resistencia compresiva uniaxial de la roca intacta ( $\sigma_c$  o UCS). En el Cuadro 03, se muestran los resultados de los ensayos de compresión triaxial, con lo cual se han obtenido: la resistencia no compresiva de la roca intacta, valores de la constante “mi” del criterio de falla de Hoek & Brown (2002-2007) y los parámetros de resistencia al corte de Mohr Coulomb: cohesión y ángulo de fricción. Todos estos parámetros correspondientes a la roca intacta.

**Tabla 4. Parámetros a la Roca Intacta**

Litología	P.E Absoluto (Kn/m3)	Resistencia corregida (Mpa)	Módulo de Young Gpa	Razón de Poisson	mi
Volcánico	25.83	41.55	4600	0.32	

## b. Distribución de Discontinuidades

Los valores de resistencia a la compresión uniaxial de la roca fueron estimados usando la picota de geólogo, los valores del índice de calidad de roca RQD fueron determinados mediante el registro volumétrico de diaclasas utilizando la relación propuesta por Palmstrom. Como se refirió líneas arriba el criterio adoptado para clasificar la masa rocosa en este informe es la Clasificación geomecánica RMR89 de Bieniawski, modificado por Romana, 2000 cuyo rango de valoración se aprecia en el cuadro 06. Se emplea este criterio de clasificación para discretizar (subdividir) en rangos más ajustados la calidad de roca, evitando errores de sobreestimación y subestimación de la calidad de masa rocosa.

**Tabla 5.** *Criterios para la clasificación geomecánica.*

Tipo de roca	Rango RMR	Clasificación
I-A	91-100	Muy buena A
I-B	81-90	Muy buena B
II-A	71-80	Buena A
II-B	61-70	Buena B
III-A	51-60	Regular A
III-B	41-50	Regular B
IV-A	31-40	Mala A
IV-B	21-30	Mala B
V	<21	Muy mala
Nota: Clasificación RMR 89, modificada Romana 2000.		

## c. Aspectos geomecánicos

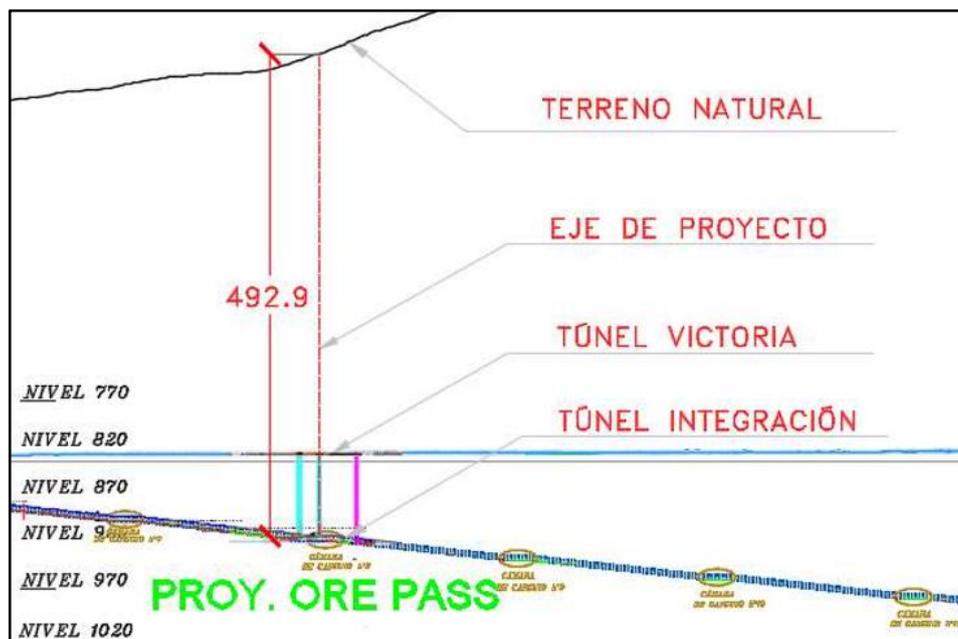
Luego de haber determinado de manera más exacta la resistencia compresiva uniaxial de la roca, el índice de fracturamiento de la roca (RQD) y la distribución espacial de las estructuras a lo largo del By Pass 4207, determinaremos un RMR más exacto de 47, Tipo III B.

Ilustración 40. Valoración del Macizo Rocoso.

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO - ROCK MASS RATING (RMR - BIENIAWSKI 1989)												
PARAMETRO		RANGO DE VALORES										VALOR
UCS	(MPa)	> 250	15	100-250	12	50-100	7	25-50	4	< 25	1	12
RQD	(%)	90-100	20	75-90	17	50-75	13	25-50	8	< 25	3	13
ESPACIAMIENTO (m)		> 2	20	0.5-1	15	0.2-0.5	10	0.05-0.2	8	< 0.05	3	10
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m long.	6	1.3 m long.	4	3-10 m	1	10-20 m	1	> 20 m	0	2
	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1 mm apert.	5	0.1-1.0 mm	4	1-5 mm	1	> 5 mm	0	4
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla	0	3
	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5 mm	4	Duro > 5 mm	2	Suave < 5 mm	1	Suave > 5 mm	0	1
	INTemperización	Sana	6	Lig. Intemp.	5	Mod. Intemp.	3	Muy Intemp.	2	Descompuesta	0	5
AGUA SUBTERRANEA		Seco	15	Humeda	10	Mojada	7	Goteo	4	Fluja	0	15
Dirección Perpendicular al Eje de la obra				Dirección paralelo al eje de la obra				Bz 0-20° en cualquier dirección.		Bz		62
Bz a favor		Bz en contra		Bz		Bz				-12		
45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45°					
0	-2	-5	-10	-12	-5	-12	-5			50		

d. Estabilidad estructuralmente controlada

Ilustración 41. Estabilidad estructuralmente controlada



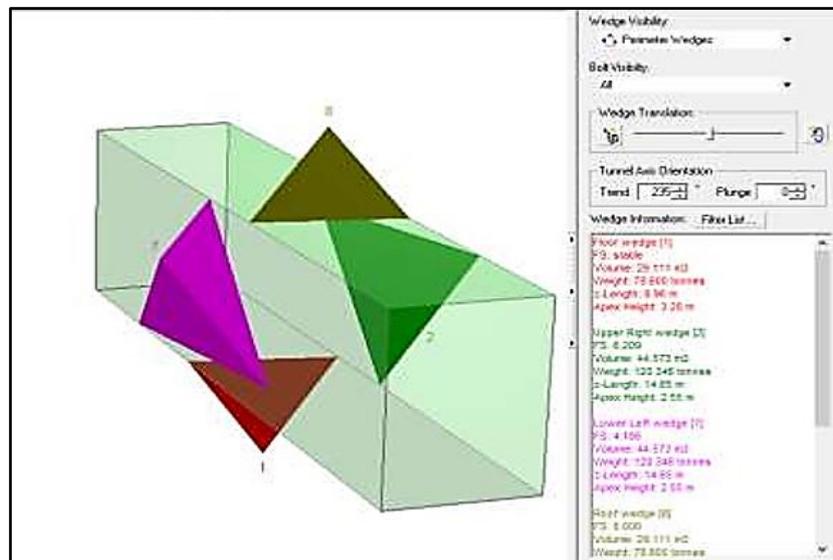
- Condiciones del agua subterránea

No se cuenta con principal efecto del agua subterránea en la excavación de la cámara para tolva 1777, el cual ayuda a la estabilidad por seguridad (F.S.).

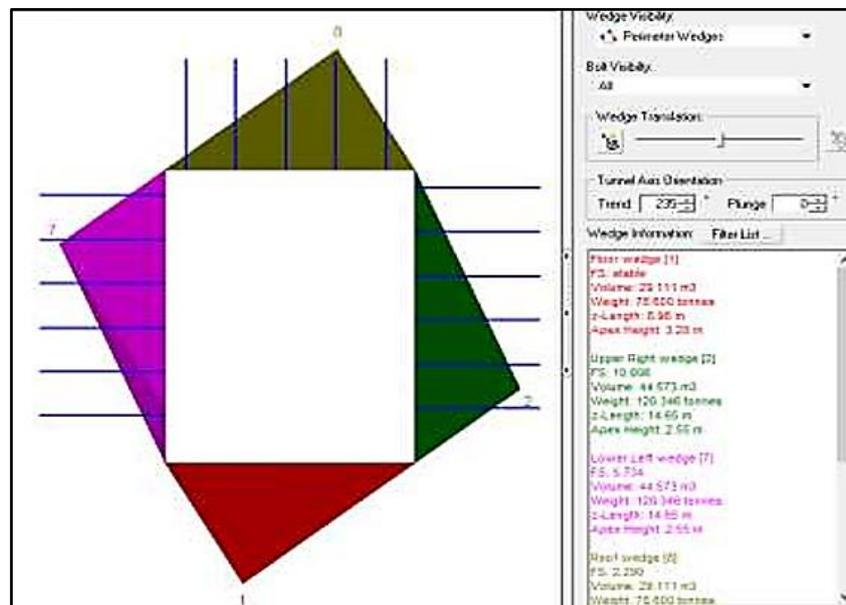
A fin de evaluar la influencia del arreglo estructural de la masa rocosa de la profundización, sobre las condiciones de estabilidad de las excavaciones que estarán asociadas al minado y teniendo en cuenta las cuñas tetraedrales

presentes en el área de excavación, se ha realizado un análisis de estabilidad estructuralmente controlada, utilizando el programa de cómputo UNWEDGE.

**Ilustración 42. Análisis Estructural In Situ. Cuña 8 (FS = 0.00)**

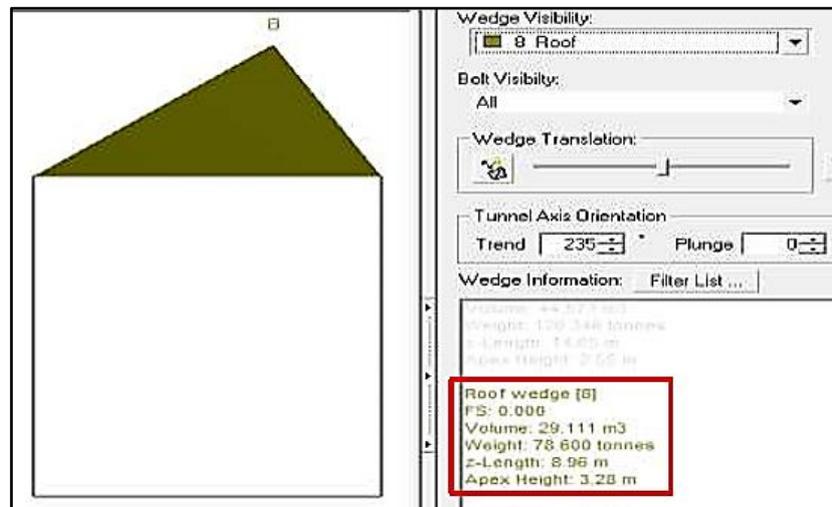


**Ilustración 43. Análisis Estructural Con sostenimiento de pernos.**



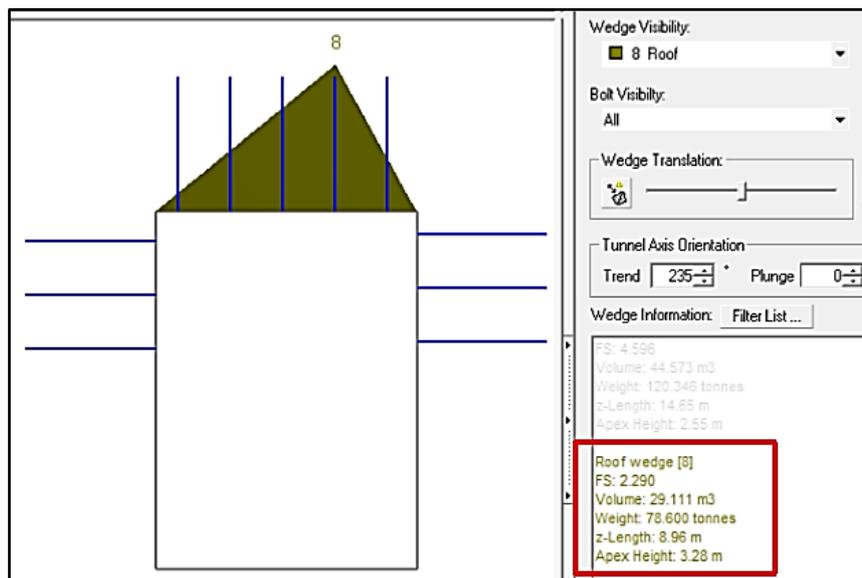
- Presencia de arco de roca en la cual tenemos una cuña tetraedra. factor de seguridad inicial = 0.00.

**Ilustración 44.** En la corona de la cámara se tiene una Cuña tetraedral.



- Sostenimiento con PH de 25mm de 10 pies donde el factor de seguridad en este caso será de 2.29.

**Ilustración 45.** Cuña sostenida con 5 PH en corona con  $F.S = 2.29$ .

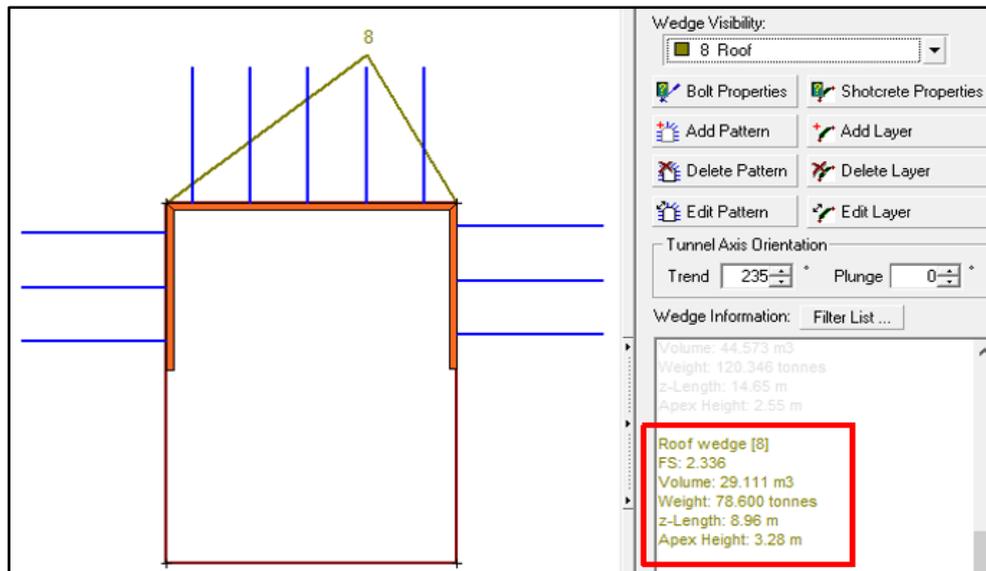


- Sostenimiento con perno helicoidal de 25mm de 10 pies más shotcrete de 3 pulgadas de espesor donde el factor de seguridad en este caso será de 2.33

El Factor de Seguridad sin sostenimiento, para la EXCAVACIÓN es menor a 1.0 (FS= 0.0), sin embargo, al colocar el sostenimiento (Malla E.S. + PH de 25mm x 10'), este supera el 1.5 (F.S = 2.29), y al complementar el

sostenimiento con shotcrete de 3 pulgadas de espesor llegaremos a un F.S = 2.33 generando así la estabilidad requerida según los estándares de nuestra corporación.

**Ilustración 46.** *Cuña sostenido PH 10pies en corona y PH 8pies en hastiales.*



#### 4.4. Análisis de sostenimiento.

##### 4.4.1. Sostenimiento por tipo de roca

**Tabla 6.** *Sostenimiento por tipo de roca.*

RMR	TIPO DE ROCA	TIPO DE SOSTENIMIENTO INTERSECCIÓN
51-60	IIIA	SHOTCRETE 2" + PH SISTEMATICO 19mm x 7 PIES @ 1.5 MTS
41-50	IIIB	MALLA + PERNO HELICOIDAL SISTEMATICO 19mm x 7 PIES @ 1.2 MTS + SHOTCRETE de 2pulg.

El sostenimiento a realizar correspondiente al tipo de roca IIIB para el avance de la cámara para tolva de la CH 1777 será:

- Primero Colocar una Malla electrosoldada completamente adherida al contorno, adicionando pernos helicoidales, MALLA E.S. + PERNO

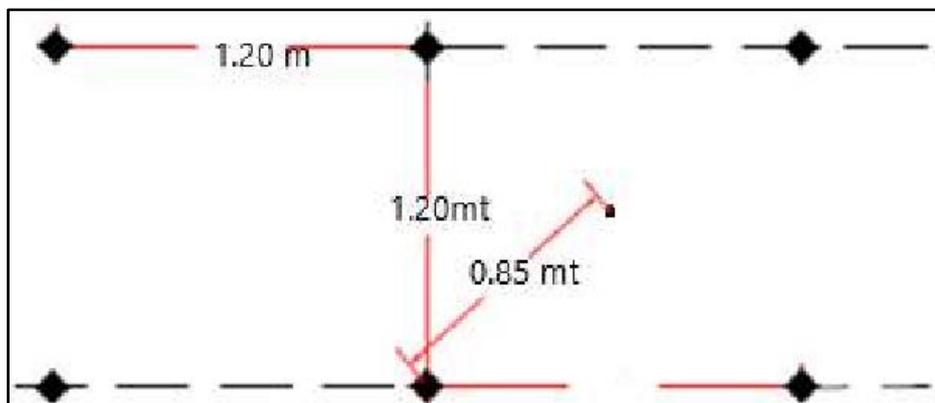
HELICOIDAL 25 mm X 10 PIES en la corona. En el frente de la cámara y los hastiales se colocó Pernos Helicoidales de 19mmx7pies espaciados a 1.2mts.

- Segundo, completar el sostenimiento de toda la sección con; SHOTCRETE 3" de espesor sin fibra metálica.

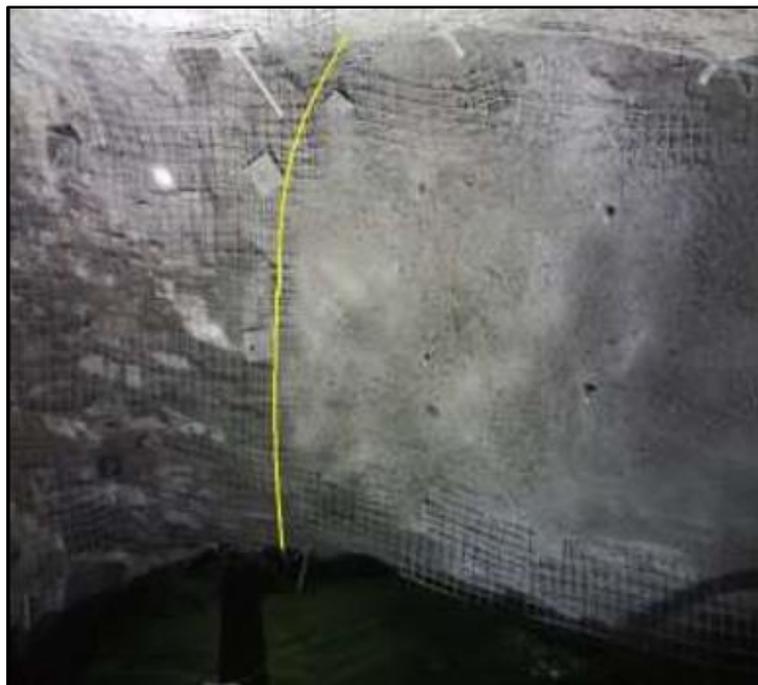
#### **4.4.2. Control en la instalación de pernos helicoidales**

Se tiene definido el espaciado de los pernos de acuerdo al tipo de roca:

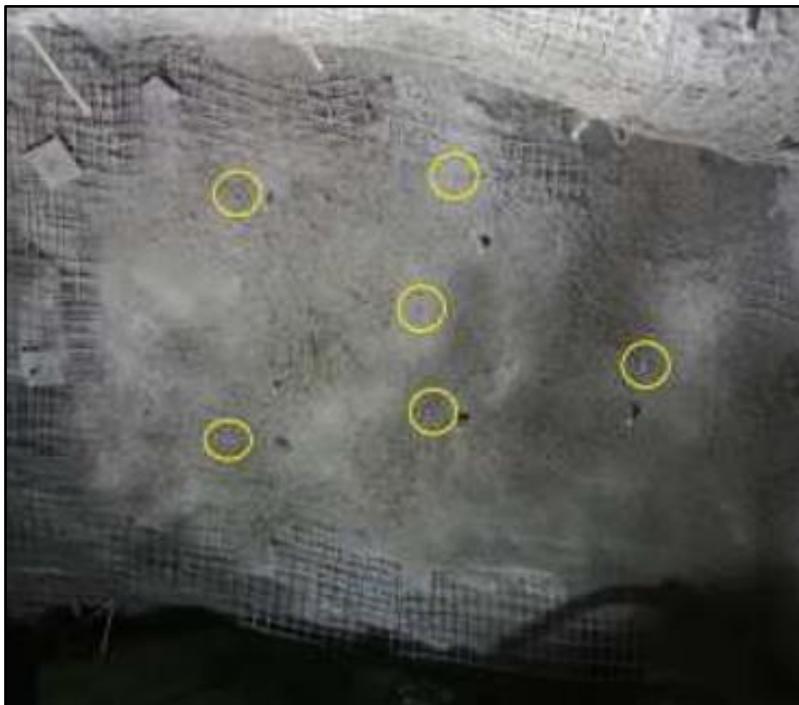
#### **Ilustración 47. Control en la instalación de pernos helicoidales**



**Fotografía. 4. Tenemos la línea divisoria del avance de SH.**



**Fotografía. 5.** *Tenemos estos calibradores colocados contorneados de color amarillo*



**Fotografía. 6.** *En el hastial derecho se colocó PH de sólo 4 pies (Mecha en el Collarín) con 2 resina. A los 10 minutos se realizó la prueba de arranque.*



**Fotografía. 7.** El resultado obtenido fue de 7 Tn realizado por CASTEM en compañía del geomecánico.



**Fotografía. 8.** En el hastial derecho se colocó PH de sólo 4 pies (Mecha en el Collarín) con 2 resina. A los 10 minutos se realizó la prueba de arranque.



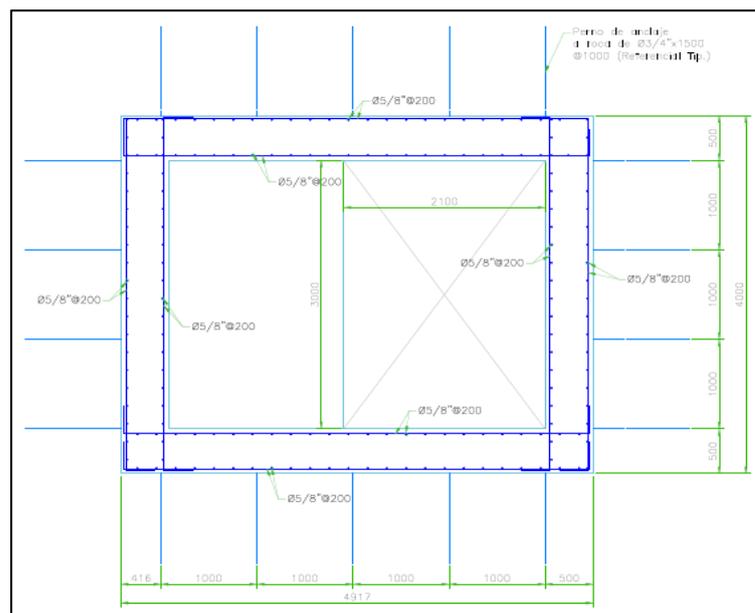
**Fotografía. 9.** En el hastial derecho se colocó PH de sólo 4 pies (Mecha en el Collarín) con 2 resina. A los 10 minutos se realizó la prueba de arranque.



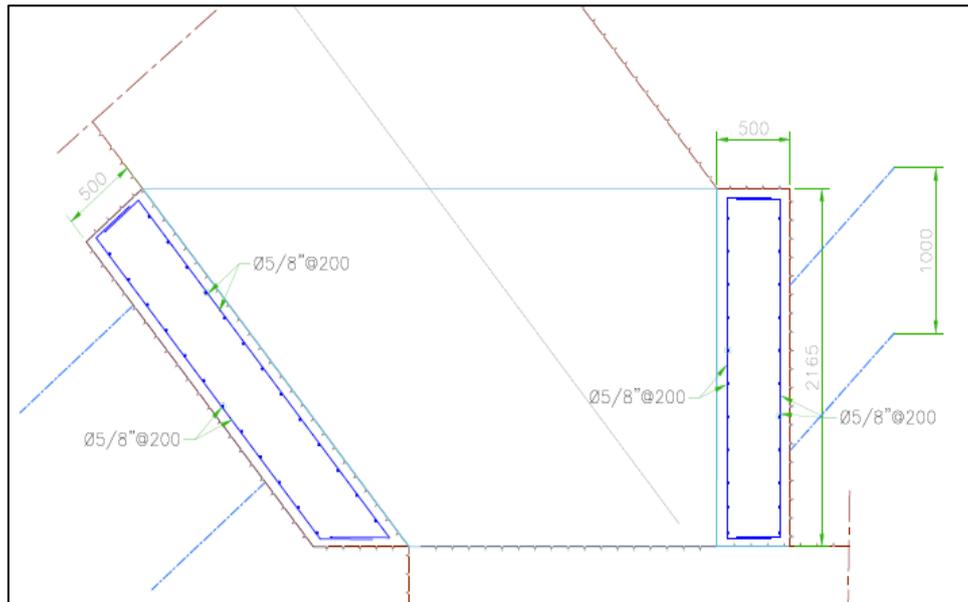
#### 4.5. Análisis estructural

La estructura consta de un conducto de descarga de minerales; parte de la estructura se encuentra en voladizo. Tiene una sección rectangular vista en planta.

**Ilustración 48. Distribución en Planta**



**Ilustración 49. Vista en Perfil**



**4.5.1. bases de diseño adoptadas**

**a. Normas empleadas**

En todo el proceso de análisis y verificación se utilizará el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.):

Concreto Armado : E.060

Suelos y Cimentaciones : E.050

**b. Parámetros de Sitio**

Zonificación, según E.030 Artículo 5

Zona : 3

Condiciones Locales : según E.030 Artículo 6

Tipo de Suelo : S<sub>0</sub> - Roca dura

Factor de Suelo : S<sub>0</sub> = 0.8

Periodo natural del suelo : T<sub>p</sub> = 0.3

**c. Información Geotécnica**

Suelo de roca dura.

#### d. Materiales

Concreto Armado:

Resistencia a la Compresión del Concreto =  $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

Módulo de elasticidad =  $E_c = 15000\sqrt{f'c} \text{ kgf/cm}^2 = 250998.01 \text{ kgf/cm}^2$

Módulo de Poisson =  $0.20 = \nu$

Acero de Refuerzo ASTM A615-GRADO 60:

Esfuerzo de fluencia del Acero (  $F_y$  ) =  $4200 \text{ kg/cm}^2 = 4.2 \text{ kgf/cm}^2$

Módulo de elasticidad del acero =  $E_s = 2'000,000 \text{ kgf/cm}^2$

#### Ilustración 50. Ingreso de datos del material

#### 4.5.1.1. Cargas de Diseño

##### a. Muerta (D)

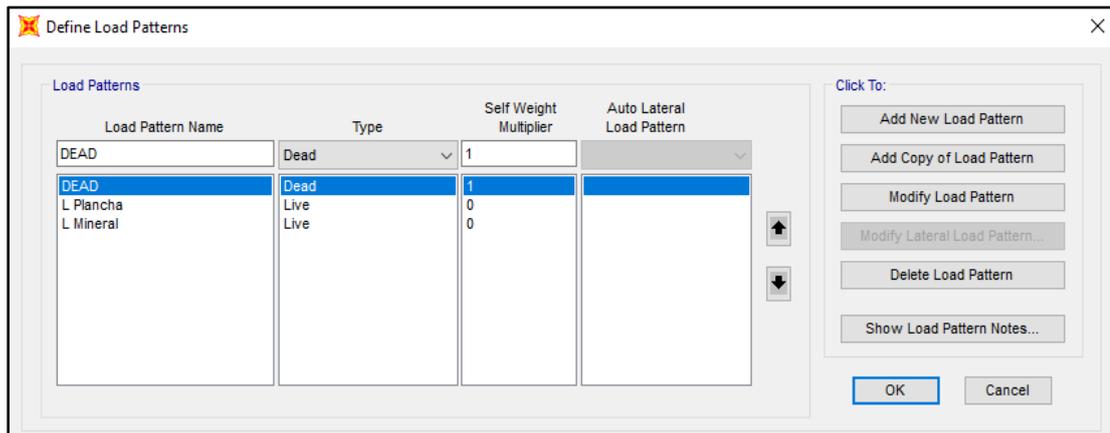
Estas cargas corresponden al peso propio de los diferentes elementos que conforman la estructura, así como a otras cargas permanentes.

## b. Cargas Vivas (L)

Estas cargas corresponden al uso de las planchas metálicas que recubren a la estructura.

Sobrecarga de Uso = 150 kg/m<sup>2</sup>

**Ilustración 51.** Ingreso de datos – Tipos de Carga

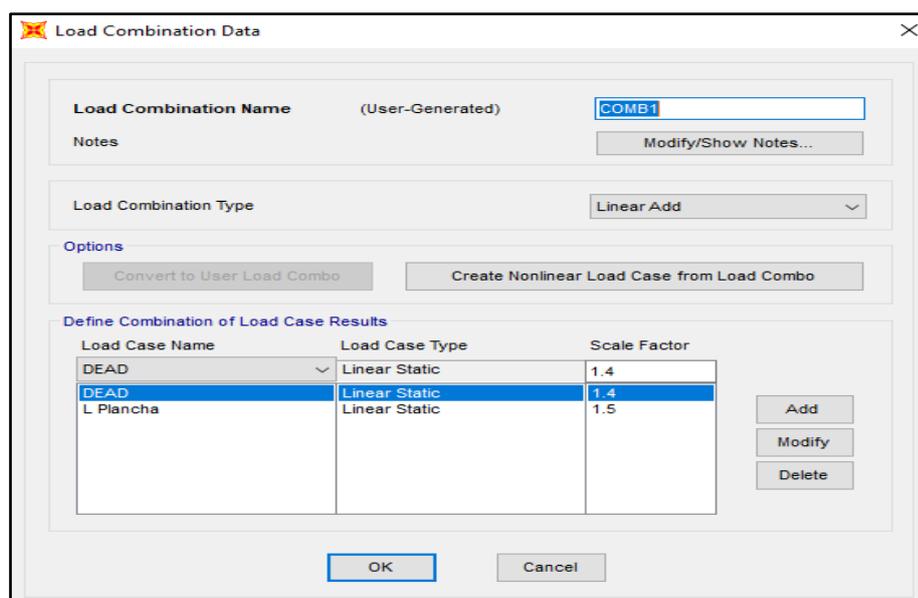


### 4.5.1.2. Combinaciones de Carga

A continuación, se presentan las combinaciones de carga consideradas para la evaluación sísmica de la estructura del edificio según la Norma E060.

1. 1.4CM+1.5CV

**Ilustración 52.** Combinaciones de carga.



### a. Estructura del ducto de descarga

En este apartado se describe de manera resumida las consideraciones que se tienen en cuenta para elaborar el modelo estructural y que será representativo de las características del modelo estructural.

#### - Sistema Estructural

La configuración estructural está conformado a base de muros de corte.

**Ilustración 53.** Ingreso de datos – Tipo de muro y Espesor

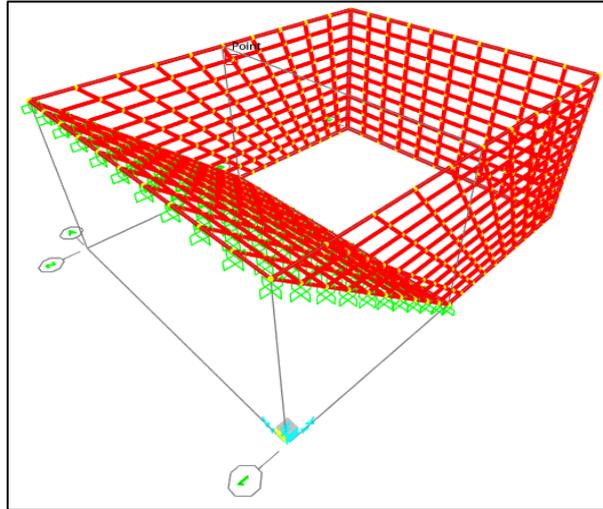
The screenshot shows the 'Shell Section Data' dialog box with the following configuration:

- Section Name:** Muro e=50 cm
- Section Notes:** Modify/Show...
- Display Color:** Red
- Type:** Shell - Thin (selected), Shell - Thick, Plate - Thin, Plate Thick, Membrane, Shell - Layered/Nonlinear
- Thickness:** Membrane: 50, Bending: 50
- Material:** Material Name: fc=280Kg/cm2, Material Angle: 0
- Time Dependent Properties:** Set Time Dependent Properties...
- Concrete Shell Section Design Parameters:** Modify/Show Shell Design Parameters...
- Stiffness Modifiers:** Set Modifiers...
- Temp Dependent Properties:** Thermal Properties...
- Buttons:** OK, Cancel

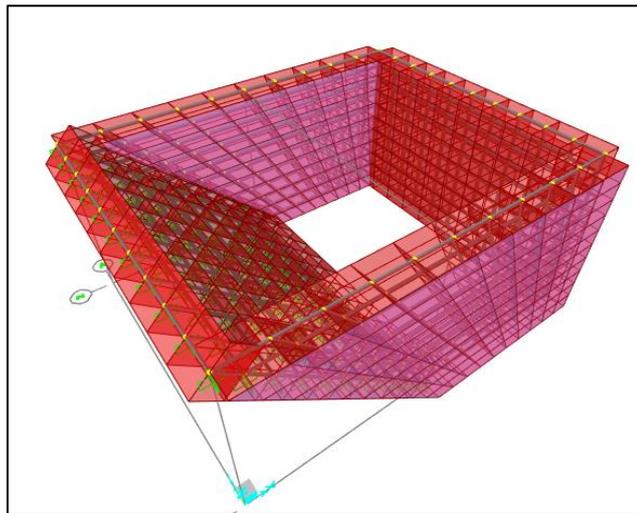
### b. Modelamiento estructural

Los elementos estructurales se modelaron mediante muros de corte los cuales se modelaron con elementos tipo "Shell". El modelo estructural ha sido elaborado en base a toda la información recopilada y tomando todas las consideraciones para su buen comportamiento.

**Ilustración 54.** *Modelo Estructural - CAMARA DE DESCARGA*



**Ilustración 55.** *Modelo Estructural 3D - CAMARA DE DESCARGA*



## CAPITULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Discusión de resultados con antecedentes Internacionales

De los antecedentes anteriormente mencionados, se presentan los resultados que buscan mantener una corroboración con los estudios a nivel internacional e investigaciones a nivel nacional.

Para los resultados obtenidos por (Acuña Borbón, 2019), sostiene que a través de la utilización de la instrumentación de inclinómetro en la construcción de túneles estos permitieron utilizar datos importantes para poder anticipar los posibles resultados que se ha obtenido ya que cuando la construcción permite retroalimentar los diferentes modelos y que los diferentes análisis de predicción permitieron obtener una mejor ejecución del proyecto en este punto se coincide con el autor ya que la utilización de instrumentos que complementan durante la ejecución logran mejorar notablemente las condiciones de la estructura mejorando así el comportamiento de la misma a las diferentes condiciones.

En la investigación realizada por (Panohaya Amador, 2020), concluye que la utilización de un inclinómetro seco fue muy innovador sobre el monitoreo entregando buenos resultados el cual fue aplicado al cálculo de deslizamientos de tierras ya que al igual que la utilización en volcanes este método pretende encontrar el movimiento de la tierra sobre los asentamientos ya que la utilizan de inclinómetro en seco, es utilizado para el cálculo de deslizamientos de taludes como lo realizado en Sierra Norte del Estado de Puebla, en esta conclusión se coincide con el investigador ya que el uso de inclinómetro permite calcular la desnivel que existe sobre un plano horizontal y el ángulo generado por este, logrando así obtener valores que pueden determinar el tipo de falla en la estructura analizada.

#### 5.2. Discusión de resultados con antecedentes Nacionales

Para los resultados obtenidos por (Aliaga Quispe, 2017), sostiene que al concluir con su investigación determinó que el uso de equipos electrónicos utilizados en el desarrollo de su proyecto ya que la utilización de inclinómetro ha

logrado poder optimizar recursos y lograr obtener una vía estabilizada ante os taludes presentes en toda su vía, ya al poder obtener los ángulos de inclinación sobre la superficie horizontal con la identificación del material se logra estabilizar dichos taludes para obtener una mejor seguridad en el recorrido de la vía, en este punto se coincide con el investigador ya que la utilización del inclinómetro se logra obtener un valor más real de la inclinación que existe entre el plano horizontal y la inclinación del talud, logrando así obtener la estabilidad de dichos taludes, siendo este mismo análisis lo estipulado en esta investigación logrando mejorar las condiciones de la tolva suspendida para la obtención de mejores resultados.

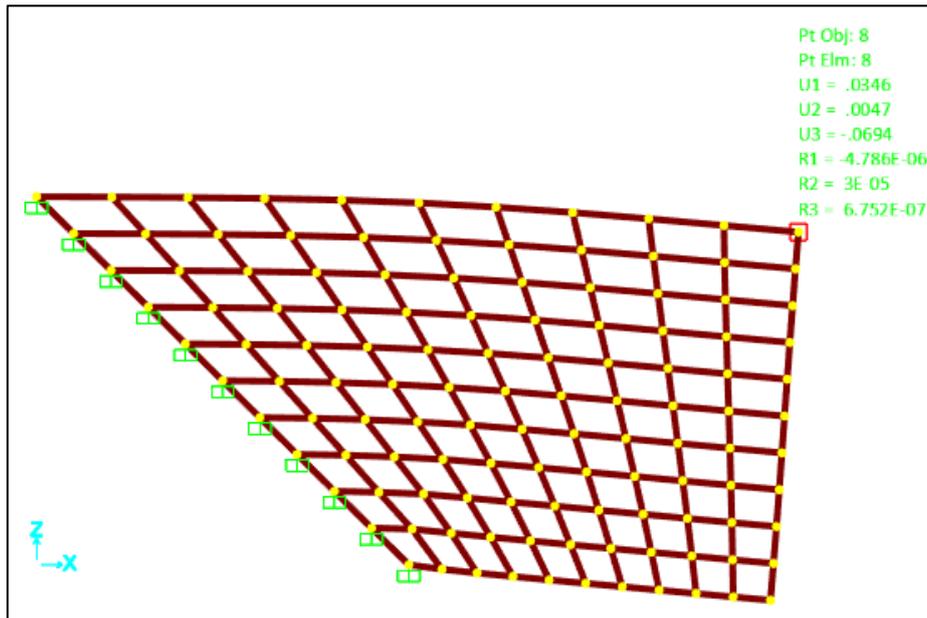
En la investigación realizada por (Espíritu Diestra, 2020) sostienen que el proceso constructivo de los muros de contención para los suelos de las edificaciones con sótano se ha realizado cumpliendo las especificaciones del proyectista logrando así colocar cables que atraviesan de los bulbos de presión del concreto en tensado y destensado de los trabajos de encofrado logrando así obtener una capacidad admisible de suelo de  $6.00 \text{ kg/cm}^2$  y colocando un tensado en los muros anclados para una resistencia de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  en este punto se coincide con el investigador ya que al aumentar la utilización de inclinómetro logran mejorar las características de la estructura que se piensa en colocar sobre ese punto.

Por otra parte en la investigación de (Enciso Saldaña & Nuñez Alvaro, 2019), determinaron que los desplazamientos al aplicar la carga y descarga de rango de cargas, realizado en el ensayo de capacidad para cada uno de los anclajes, logrando identificar los parámetros del suelo que influye en la aplicación del ensayo de capacidad como parámetros principales fueron la cohesión, ángulo de fricción y peso unitario con este punto se coincide con el evaluador ya que al aplicar una carga verticalmente sin tener ningún desplazamiento la carga asimilada es mayor para lo cual se tendrá que asegurar que los desplazamientos sean asimilados por los esfuerzos sometidos.

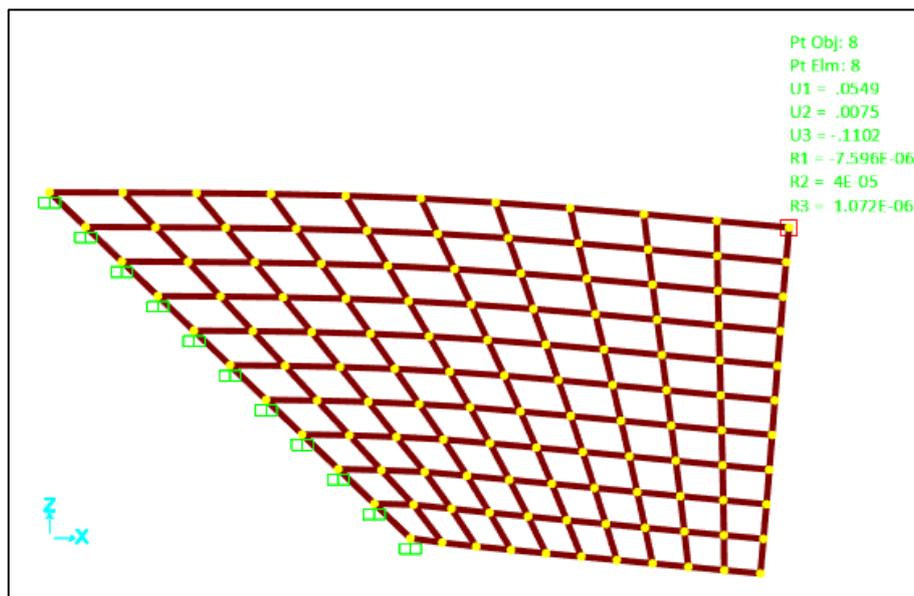
## RESULTADOS

A) En este apartado se describen las consideraciones que se tienen en cuenta en el modelo estructural, que será representativo de sus características tanto en términos de resistencia como de rigidez.

**Ilustración 56.** Desplazamiento por peso propio  $U3 = - 0.0694 \text{ mm}$ .



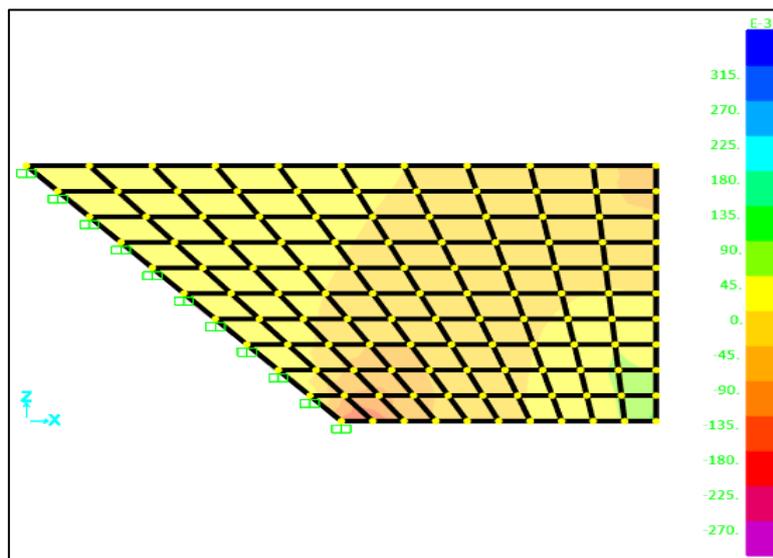
**Ilustración 57.** Desplazamiento por peso propio más el peso de la plancha  $U3 = - 0.1102 \text{ mm}$



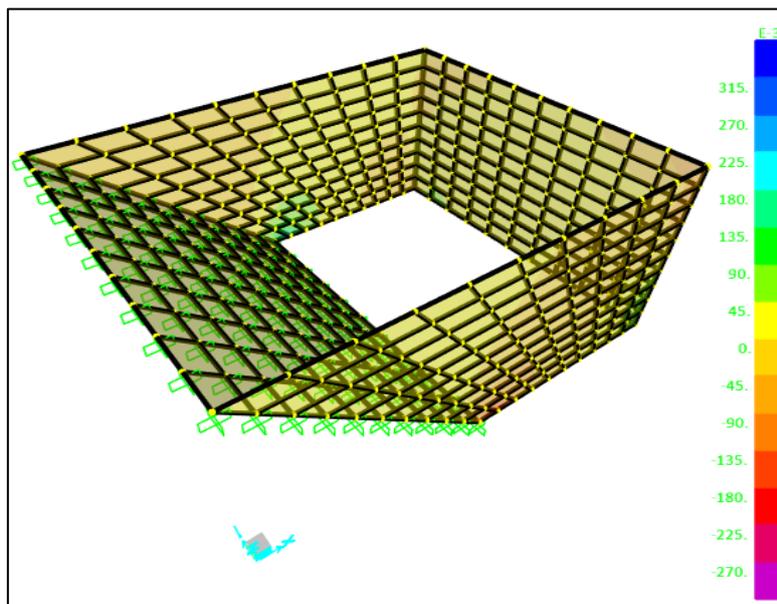
B) Verificación de los desplazamientos Verticales donde se presenta los resultados de los desplazamientos verticales producidos por su peso propio y actuando el peso de las planchas metálicas.

a. Diagrama de momento flector

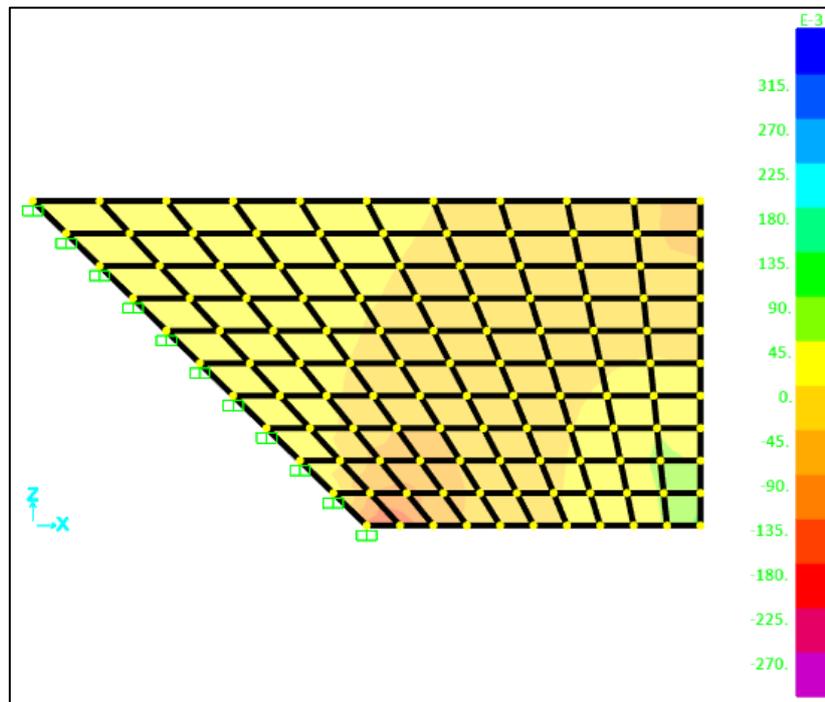
**Ilustración 58.** Diagrama de Momento flector dirección 1-1  $M_{11} = - 0.150$   
ton-m



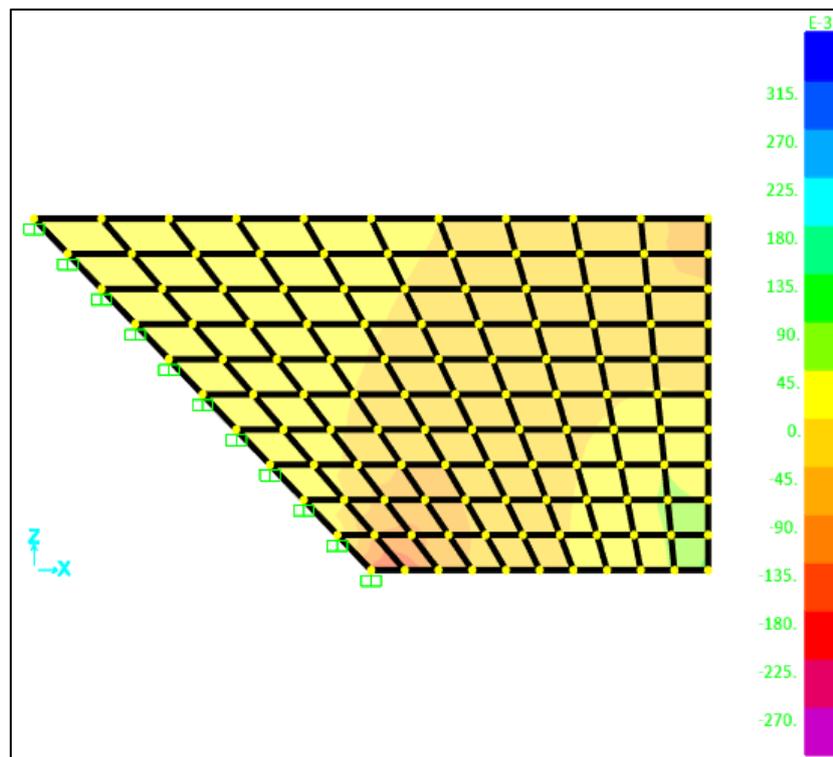
**Ilustración 59.** Diagrama de Momento flector 3D dirección 1-1  $M_{11} = -$   
 $0.150$  ton-m.



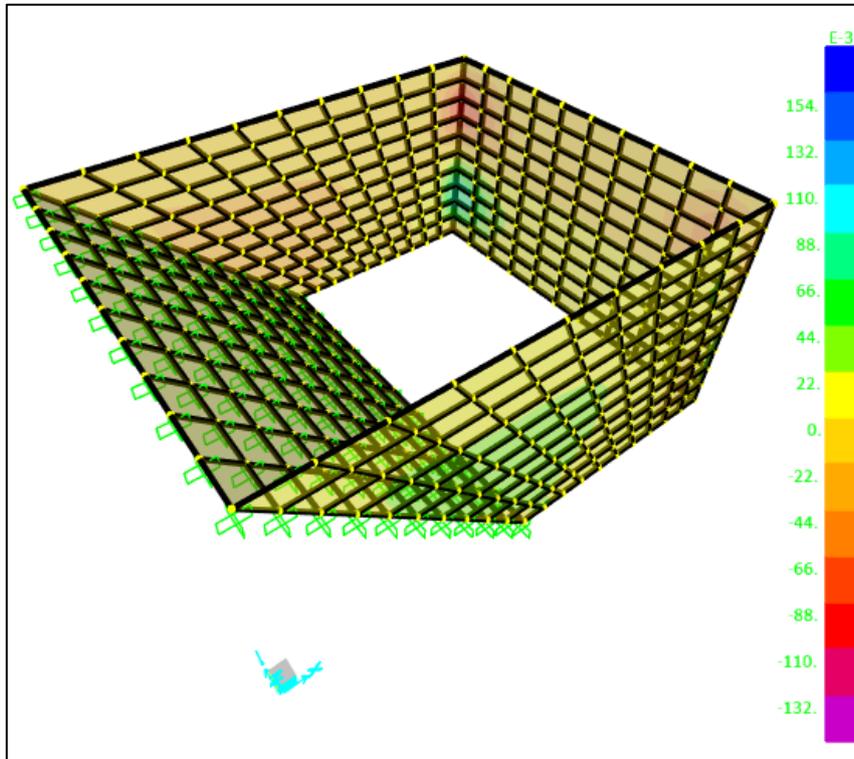
**Ilustración 60.** Diagrama de Momento flector dirección 2-2  $M_{22} = - 0.130$   
ton-m



**Ilustración 61.** Diagrama de Momento flector dirección 2-2  $M_{22} = - 0.130$   
ton-m.



**Ilustración 62.** Diagrama de Momento flector 3D dirección 2-2  $M_{22} = -0.130 \text{ ton-m}$ .



## CONCLUSIONES

- A) Se concluye que al poder evaluar el comportamiento estructural de los muros anclados postensados con el uso del inclinómetro en la construcción de la cámara de roca analizada se ha considerado que el factor de seguridad fue de 1.50 donde el valor de la deformación y de los esfuerzos se encuentran en un rango permisible, con el uso de inclinómetro sobre la malla electrosoldada sobre los pernos helicoidales de 25 mm x 10 pies se obtuvo un factor de seguridad de 2.29 mejorando el comportamiento estructural, donde complementando con shotcrete aumenta a un factor de seguridad a 2.33.
- B) Se concluye que la variación de los desplazamientos a la prueba de arranque de los pernos colocados se obtuvieron resultados por encima del estándar (7TN y 18TN respectivamente) y que los desplazamientos verticales de la zona en voladizo de la estructura son despreciables, obteniendo:
- Desplazamiento por Peso propio  $U_3 = - 0.0694$  mm.
  - Desplazamiento por Peso propio más el peso de la plancha  $U_3 = - 0.1102$  mm.
- C) Se concluye que la variación de los esfuerzos más críticos es presentada en la zona del voladizo los cuales generan en el diagrama del momento flector en la dirección 1-1 ( $M_{11} = - 0.150$  ton-m) y el diagrama del momento flector en la dirección 2-2 ( $M_{22} = - 0.130$  ton-m).
- D) Se concluye que las zonas más críticas para el comportamiento estructural esta sobre las mechas en el collarín para la cámara donde se utilizaron pernos helicoidales sobre la tolva de dimensiones 19mm x 7pies, las cuales fueron colocados a 4 pies de profundidad.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que para el uso de inclinómetro y el análisis del comportamiento estructural en las discontinuidades con ángulos de  $75^{\circ}$  -  $90^{\circ}$  con fin de puedan controlar los esfuerzos de estas lo que generaría las roturas de las mismas.
2. Se recomienda que en la variación de los desplazamientos verticales tener en consideración que cuando se quiera empotrar planchas metálica con diferentes espesores tengan en consideración los desplazamientos verticales más críticos ya que puede generar que las cargas distribuidas no cumplan con las condiciones de empotramiento de perno.
3. Se recomienda que en los esfuerzos presentados en el voladizo se tenga en consideración los momentos flexionantes y ser considerados en esta zona de volado ya que pueden ocasionar un efecto de volteo en las condiciones de carga.
4. Se recomienda que la parte de la estructura (zona inclinada) del ducto de descarga, que está apoyada sobre la roca se fije correctamente de tal modo de garantizar un apoyo empotrado; así no se generan giros a la estructura. Esto se puede lograr con los pernos de anclaje que están considerados en el proyecto.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Acuña Borbón, G. T. (2019). *Instrumentación para producir información geotécnica en proyectos de construcción de túneles viales*. Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Colombia, Programa de Ingeniería Civil, Bogotá.
2. Aliaga Quispe, J. (2017). *Influencia del agua tratada sobre las propiedades físicas del concreto para las provincias de Concepción, Chupaca y Jauja*. Tesis de Pregrado, Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería, Huancayo.
3. Aponte Cervantes, M., & Sulca Torres, M. J. (2015). *Gestión de riesgos en la ejecución de muros anclados*. Tesis de Pregrado, Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, Lima.
4. Camones Salvador, M. A. (2017). *Muros anclados para mejorar el análisis de procesos constructivos en Excavaciones profundas del edificio Santo Toribio San Isidro 2017*. Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Lima.
5. Enciso Saldaña, R. M., & Nuñez Alvaro, R. W. (2019). *Verificación de anclajes postensados mediante la aplicación del ensayo de capacidad en el edificio hotel Ibis San Isidro-Lima-Perú-2019*. Tesis de Pregrado, Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, Lima.
6. Espiritu Diestra, O. D. (2020). *Proceso constructivo de muros anclados para la contención del suelo en edificaciones con sótanos*. Tesis de Pregrado, Universidad Peruana los Andes, Facultad de Ingeniería, Lima.
7. Ezequiel, A. (1984). *Técnicas de investigación social*. Argentina: Magisterio del Río de la Plata.
8. Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F: McGraw-Hill/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
9. Izarra Mendoza, R. K. (2019). *Muros anclados en suelo arenoso para la construcción del centro comercial de La Molina*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Federico Villareal, Facultad de Ingeniería Civil, Lima.
10. Panohaya Amador, E. (2020). *El inclinómetro seco, un método de nivelación utilizado para determinar la deformación del terreno en los volcanes, empleado para medir el deslizamiento de laderas en los municipios Juan Galindo y Zihuateutla en el estado de Puebla*. Tesis de Pregrado, Facultad de Ingeniería, Colegio de Ingeniería Topográfica y Geodésica, Heroica Puebla de Zaragoza.

## **ANEXOS**

**Anexo 01: Matriz de consistencia**

## EMPLEO DE INCLINÓMETRO EN LA INSTALACIÓN DE MUROS ANCLADOS POS TENSADOS, HUANCAYO 2019

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cómo mejora el comportamiento estructural de los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Evaluar el comportamiento estructural de los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>El comportamiento estructural de los muros anclados mejorará positivamente al emplear inclinómetro en el proceso constructivo.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>Muros anclados pos tensados</p>	<p>Esfuerzos</p> <p>Desplazamiento vertical</p> <p>Momentos actuantes</p>	<p>N/m<sup>2</sup></p> <p>mm</p> <p>Ton-m</p>	<p><b>Método de investigación:</b> Cuantitativo.  <b>Tipo de investigación:</b> Aplicado.  <b>Nivel de investigación:</b> Explicativo  <b>Diseño de investigación:</b>                      El diseño de investigación utilizará un esquema Experimental, considerando que el análisis a realizar es teórico, bajo el siguiente esquema.                      OE → SA → XP → CE → RE                      Donde:                      OE = Objeto de Estudio                      SA = Muros pos tensados                      XP = Comportamiento estructural                      CE = Uso de Inclinómetro                      RE = Resultados y Conclusiones  <b>Cuando: 2021.</b>  <b>Población y muestra:</b>  <b>Población.</b> La población está constituida por la estructura consta de un conducto de descarga de minerales; parte de la estructura se encuentra en</p>
<p><b>Problemas específicos:</b></p> <p>a) ¿Cómo se alteran los desplazamientos verticales más críticos de los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro durante el proceso constructivo?</p> <p>b) ¿Cuál es la variación de los esfuerzos más</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>a) Calcular la alteración de los desplazamientos verticales más críticos en los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo.</p> <p>b) Definir la variación de los esfuerzos más críticos en</p>	<p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>a) Los desplazamientos verticales más críticos se alterarán en los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo.</p> <p>b) Los esfuerzos más críticos en los muros anclados pos tensados variarán al</p>	<p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Inclinómetro</p>	<p>Angulo de colocación</p> <p>Carga aplicada</p>	<p>Modelamiento estructural</p> <p>Metrado de cargas</p>	

<p>críticos en los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo?</p> <p>c) ¿Cómo modifica la zona más crítica dentro del comportamiento estructural de los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo?</p>	<p>los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo.</p> <p>c) Determinar la modificación de la zona más crítica dentro del comportamiento estructural de los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo.</p>	<p>emplear inclinómetro en el proceso constructivo.</p> <p>c) La zona más crítica dentro del comportamiento estructural se modificaría en la parte en voladizo de los muros anclados pos tensados al emplear inclinómetro en el proceso constructivo.</p>		<p>Peso de la estructura</p>	<p>Metrado de cargas</p>	<p>voladizo. Tiene una sección rectangular vista en planta donde aplicara el uso de inclinómetro en el empotramiento de los muros anclados.</p> <p><b>Muestra:</b> La muestra es de acuerdo al método no probabilístico intencional, en este caso corresponde al modelamiento de la estructura analizada.</p> <p><b>Técnicas e instrumentos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recolección de datos</li> </ul> <p><b>Técnicas de procesamiento de datos:</b></p> <p>Procesamiento Estadístico.</p>
--	---	---	--	------------------------------	--------------------------	---

## **Anexo 02: Operacionalización de variables**

## OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA				
						1	2	3	4	5
1: Variable Independiente  Muros anclados pos tensados	Los muros anclados postensados son estructuras construidas por un método que sirve para poder reforzar el concreto y otros materiales con cables o atravez de barras de alta resistencia que de alguna manera se pueden comparar con la tensión de los tendones.	Los muros postensados sirven para poder soportar cargas de gravedad ya que al ser reforzadas presentan una resistencia a la flexión en el plano y fuera del plano horizontal.	Esfuerzos	Modelamiento estructural	Análisis con software SAP 2000	X				
			Desplazamiento vertical	Modelamiento estructural	Análisis con software SAP 2000	X				
			Momentos actuantes	Modelamiento estructural	Análisis con software SAP 2000	X				
2: Variable Dependiente  Inclinómetro	El inclinómetro es equipo o instrumento que se emplea para poder medir la inclinación que existe entre un plano respecto a la superficie.	El inclinómetro es utilizado en topografía el cual es un instrumento usado para poder medir la inclinación de los muros postensados en la estabilización de muros ya qué la colocación del ángulo de los tendones ayudara a mejorar la estabilidad del muro.	Angulo de colocación	Modelamiento estructural	Distribución de cargas	X				
			Carga aplicada	Metrado de cargas	Análisis de esfuerzos	X				
			Peso de la estructura	Metrado de cargas	Análisis de esfuerzos	X				

## **Anexo 03: Estudios geotécnicos**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA

(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C



CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

## CAPITULO I: FORMULACIÓN DE PLAN DEL PROYECTO

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto Ore Pass Ch 1777, se ejecutará en la progresiva 1+777 desde el Túnel integración hacia el Túnel Victoria. En ambos túneles construiremos labores de infraestructura que nos permita realizar la extracción de mineral de las MCAR y MSCR.

El proyecto contempla, realizar la ingeniería de detalle de los echaderos, la construcción de infraestructura, obras civiles, energéticas y metalmecánica:

Infraestructura	Obras civiles	Obras Energéticas	Metal mecánica
By pass, Camaras, Refugios, Ore pass, Chimenea de ventilación, Ventanas, Bolsillos, etc.	Losas, muros, vigas, viguetas, instalación de rieles, durmientes, etc.	Tendido de la línea trolley y su energización	Construcción de ojiva, parrillas, soldadura y termofusión de tuberías HDPE.

### 1.2. Justificación del proyecto

La extracción de mineral se realiza por el sistema de volquetes y rampas hasta el Nivel 820 (4,200 msnm), donde se ubican los ECH 384 y ECH 535, los cuales abastecen de mineral a los Comboys (locomotoras + carros mineros) y lo trasladan por Túnel Victoria hasta la zona de chancado primario de la Planta Victoria. Este Sistema de transporte de mineral tiene un costo de 3.15\$/ton para MCAR y 7.26\$/ton para MSCR.

En épocas de lluvias, el Túnel Victoria se inunda, llegando a tener un caudal de  $Q = [540$

$- 740]$  lps, lo que imposibilita el traslado de las locomotoras y los carros mineros, motivo por el cual todo el transporte de mineral se realiza por volquetes y rampas hasta superficie (cancha 600), a partir de ahí el mineral es trasladado a la Planta Victoria. Este Sistema de transporte de mineral tiene un costo de 5.13 \$/ton para MCAR y 8.02 \$/ton para MSCR.

En este contexto y teniendo el Túnel de Integración construido, con una longitud de 1,820 metros, es imprescindible contar con un sistema combinado de transporte (Volquetes + Rieles + Túnel de Integración), que permita hacer uso dicha infraestructura para reducir los costos obteniendo márgenes por encima de lo planificado. Rentabilizando, así, las operaciones de las MCAR y MSCR.

### 1.3. Objetivo

- Comunicación de dos echaderos de mineral (Ore Pass), uno para cada mina (CARAHUACRA & SAN CRISTOBAL), así como una chimenea de ventilación.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C



CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

#### 1.4. Alcances

Para cumplir con el objetivo de esta evaluación, se han desarrollado los siguientes alcances:

- Recopilar información existente (topografía superficial y subterránea).
- Recopilar el mapeo geo mecánico realizado en el túnel victoria.

#### 1.5. Aspectos técnicos desarrollados

Investigaciones geomecánicas de campo y laboratorio, las cuales están orientadas principalmente a establecer los siguientes aspectos:

- Determinar la distribución espacial de los principales sistemas de discontinuidades estructurales (fallas y diaclasas).  
Clasificar la masa rocosa, utilizando formatos de registro geológico-geomecánico, según protocolos sugeridos por la I.S.R.M. (International Society for Rock Mechanics) mediante la aplicación del criterio de Clasificación geomecánica RMR89 de Bieniawski.
- Zonificar la masa rocosa en áreas de interés, estableciendo los dominios geomecánicos en base a información desarrollada en las investigaciones de campo.
- Estimar y asignar los parámetros de resistencia a cada uno de los dominios geomecánicos conceptuados en base a información obtenida de la clasificación geomecánica, ensayos de campo y laboratorio mediante aproximaciones empíricas (criterios de rotura y correlaciones entre las clasificaciones geomecánicas y los módulos elásticos).
- Elaboración del modelo geomecánico conceptual en planos de planta y secciones transversales al eje del Túnel.

#### 1.6. Actividades de campo.

Para entender el comportamiento actual del macizo rocoso se ha realizado inspección diaria, de manera que pueda entender su comportamiento de la excavación realizada (Túnel Victoria). Para esto he realizado lo siguiente:

- Reconocimiento litológico-estructural de superficie.
- Mapeo geomecánico en afloramientos rocosos de superficie y excavaciones subterráneas.
- Ensayos de campo (resistencia a la compresión uniaxial con picota de geólogo).
- Recopilación de información proporcionada por colegas especialistas en el campo (planos topográficos, geológicos) para propósitos del informe.

#### 1.7. Actividades de gabinete

Los trabajos de gabinete comprenden todas aquellas actividades realizadas con la finalidad de obtener los resultados finales (proceso, análisis, interpretación,

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA

(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C



CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

elaboración de reportes, edición del informe) entre estas actividades podemos citar:

- Revisión de la información disponible (topografía, geología).
- Proceso, análisis e interpretación de la información (información histórica e información obtenida en investigaciones de campo y ensayos de mecánica de rocas en laboratorio).
- Clasificación geomecánica de la masa rocosa en "Dominios geomecánicos".
- Estimación y definición de los parámetros de resistencia a cada uno de los dominios geomecánicos.
- Evaluación conceptual del estado tensional en la masa rocosa (esfuerzos pre-minado).
- Establecimiento de recomendaciones.
- Elaboración del informe.

### 1.8. Metodología de estudio

La parte Geomecánica se desarrolló directamente en campo, laboratorios y con el soporte de las áreas de la operación mina; se mantuvo una relación directa con las fuentes de información tanto a nivel general como individual. Se observaron las actividades del proceso constructivo de By Pass que se realizaron en otras unidades.

## CAPITULO II: GENERALIDADES

### 2.1. Ubicación

El proyecto se encuentra en el flanco este de la cordillera de los Andes Centrales del Perú ubicado en la comunidad de Yauli, provincia de Yauli en el departamento de Junín, cubre un área aproximadamente de 424.2 km<sup>2</sup> con altitudes promedio entre los 4,100 m.s.n.m. y 4,700 msnm.



Figura 02: Plano de ubicación del proyecto.

### 2.2. Accesibilidad

El proyecto es accesible por las siguientes vías:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA

(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C



CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

### 2.2.1. Vía Terrestre (opción A)

Tabla 01.

Ruta	Tiempo	Condición
Lima – Oroya	4.0 h	Carretera asfaltada
Oroya – Yauli	1.0 h	Carretera asfaltada
Yauli – Proyecto	15 min	Trocha carrozable
<b>Total</b>	<b>5 h. 15 minutos.</b>	

### 2.2.2. Vía Aérea (opción B)

Tabla 02.

Ruta	Tiempo	Condición
Lima – Aeropuerto Jauja	1.0 h	Vuelo
Aeropuerto - Yauli	3.0 h	Carretera asfaltada
Yauli – Proyecto	15 min	Trocha carrozable
<b>Total</b>	<b>4 h.15 minutos.</b>	

### 2.3. Geomorfología

Está constituida por típicos valles glaciares en forma de U que discurren en dirección NW ySE controladas por las estructuras de rumbo andino, con un relieve suave y moderado y con pendientes mayormente menores a 30 % en el sector noroeste que corresponden a lascabeceras de las quebradas; en algunos sectores como en la parte intermedia de la Qda.

Andaychagua, las quebradas de los sectores como en la Qda. Pacchapuquiopampa, Quebrada Victoria y la Qda. Ayamachay la pendiente se presenta más pronunciada, aproximadamente entre 40% y 60%.

Su relieve es abrupto y empinado entre los 3,500 y los 4,500 msnm, presenta desfiladeros rocosos con cumbres afiladas, producto de la erosión glaciar pasada. En esta zona el clima es bastante frío húmedo y nublado. Las temperaturas presentan grandes oscilaciones térmicas entre el día y la noche y las precipitaciones son abundantes.

### 2.4. Clima y vegetación

El clima de la zona es generalmente frío y seco, como corresponde a la región Puna, con presencia estacional de grandes precipitaciones pluviales, se reseña las condiciones climáticas tomadas de los estudios y monitoreo anteriormente desarrollados por el área de medio ambiente:

- Temperatura máxima 17°C.
- Temperatura promedio en verano 15°C.
- Temperatura promedio en invierno 10°C.
- Velocidad del viento máxima de 36 km/h.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA

(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C



CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

- Evaporación de 3,3 cc/hora.

Durante los meses comprendidos entre noviembre y abril se producen grandes precipitaciones pluviales, nevadas y granizadas. En los meses de mayo a octubre las condiciones son de sequía.

### CAPITULO III: GEOLOGIA LOCAL

#### 3.1. Marco geológico

El distrito minero es bastante antiguo donde los primeros trabajos geológicos fueron realizados por personal de la empresa Cerro de Pasco Corporation, entre los años 1928 a 1930, posteriormente por personal de Centromin-Perú y luego por el personal de Volcán Compañía Minera S.A.A.

En el informe más reciente se menciona condiciones geológicas, litológicas y estructurales de la UEA Yauli, para el desarrollo del proyecto, esta evaluación tuvo como propósito determinar condiciones litológicas y estructurales de la roca volcánica formación Catalina emplazada en las unidades Carahuacra y San Cristóbal, principalmente.

#### 3.2. Geología regional

Las Unidades Económicas Administrativas de Yauli se ubican en el flanco Este de la Cordillera de los Andes Centrales del Perú, al Este de la divisoria continental a una altitud promedio de 4150 - 4700 m.s.n.m.

La morfología en la zona presenta relieves suaves y accidentados sus pendientes elevadas (35° a 48°), en zonas rocosas.

El distrito minero de San Cristóbal está localizado en la parte Sur Oeste de una amplia estructura regional del Domo que abarca casi íntegramente los distritos de Morococha, San Cristóbal y Andaychagua. Esta estructura inicialmente fue denominada Complejo Domal de Yauli, actualmente recibe el nombre de Domo de Yauli y representa una ventana de formaciones Paleozoicas dentro de la faja intracordillerana de formaciones Mesozoicas. El Paleozoico tiene dos pisos, el inferior formado por el grupo Excelsior y el superior por el grupo Mitu; el Excelsior está aflorando a lo largo del anticlinal de Chumpe en la parte Oeste del Domo y en el anticlinal de Ultimátum hacia el Este; el Mitu aflora en la mayor parte del Domo.

Litológicamente las rocas que afloran en el área de estudio están comprendidas en edades desde el Paleozoico Inferior, Cretáceo Medio, Terciario y depósitos del Cuaternario.

Estructuralmente las fallas y fracturas transversales al Domo de Yauli fueron importantes para los depósitos tipo vetas y cuerpos los que están localizados en fallas normales con rumbo general Noreste-Suroeste y Noroeste-Sureste respectivamente.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C



CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

### 3.3. Geología local

El área del proyecto está en la estructura regional conocida como domo Yauli, rocas volcánicas y metamórficas. La roca que conforma el trazo del túnel son dos rocas bien definidas: volcánica y metamórficas las filitas. En superficie la roca predominante es la caliza, está se encuentra emplaza sobre el volcánico, la cual se encuentra moderadamente fracturada y ligeramente meteorizada, con cobertura de material coluvial de espesores variables.

Las geoestructuras del medio geológico están limitadas a pequeñas fallas y diaclasas. Las discontinuidades (diaclasas) tienen rumbo Oeste-Este y sus buzamientos son verticales. El espaciamiento de las juntas varía entre 20 y 60 cm, lo que le da al macizo rocoso una estructura de bloques de tamaño mediano.

### 3.4. Geología estructural

Los afloramientos de la zona de estudio presenta fuerzas comprensivas de dirección E-W que se originaron durante el Cretáceo (Plegamiento "Peruano"), comenzaron a formar el anticlinal Morococha, que tiene una orientación NW – SE, y forma una ventana estructural con exposición del basamento paleozoico, mesozoico y cenozoico; perturbado por las diferentes orogenias e intrusivos generando un área estructuralmente compleja, la misma que llevó a esta zona a convertirse en una de las áreas más propicias para el desarrollo de varios yacimientos de depósitos minerales como vetas, mantos, cuerpos de reemplazamiento y mineralización.

Estructuralmente las unidades Carahuacra y San Cristóbal se encuentran afectados por plegamientos y fallamientos, los cuales han ocasionado la formación de anticlinales y sinclinales, originando el fracturamiento y reordenamiento de la estructura original de las unidades rocosas, causando fracturas y diaclasas que a su vez han generado una porosidad secundaria, lo cual es un elemento importante para la geomecánica e hidrogeología por ocasionar aumento en la permeabilidad de las rocas originarias. A continuación se describen algunas estructuras:

#### 3.4.1. Plegamiento

Dentro del Domo de Yauli fueron formados 3 anticlinales paralelos. Los ejes de estos anticlinales tienen un rumbo entre N 35° - 40°O. El anticlinal que está más al Oeste de los tres es el anticlinal de Chumpe, el cual está directamente relacionado a la mineralización del distrito de Carahuacra, San Cristóbal y Andaychagua. Su mayor dimensión que es de NO á SE tiene alrededor de 16 kilómetros mientras que de NE a SO tiene 4 kilómetros.

El flanco Occidental tiene un buzamiento de 55° al SO, mientras que el flanco Oriental tiene un buzamiento de 30° al NE. El núcleo del anticlinal de Chumpe está formado por las filitas Excelsior y el grupo Mitu del Paleozoico. El flanco Occidental está compuesto por calizas Pucará y areniscas Goyllarisquiza, mientras que en el flanco Oriental se extienden los volcánicos Catalina por varios kilómetros al Este (ver Figura 03).

El anticlinal de Chumpe debe ser considerado como el extremo sureste del Domo de

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA

(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



Yauli, donde la mayor acción del plegamiento ha tenido lugar; en esta área las pizarras del grupo Excélsior del Paleozoico han sido levantadas en su mayor extensión.



Figura 03: Vista del Pliegue en el Pucará.

### 3.4.2. Fracturamiento

Todo el fracturamiento en el área de Carahuacra, San Cristóbal y Andaychagua es el resultado de las mismas fuerzas compresivas que dieron lugar al arqueamiento del domo de Yauli. Alrededor y dentro del anticlinal de Chumpe se distinguen tres conjuntos de sistemas de fracturamiento (información extraída de la geología del Túnel Victoria)

### 3.5. Tipos de depósito

La mineralización en las minas Carahuacra y San Cristóbal Andaychagua se presentan en dos tipos: como relleno de fracturas que cruzan el anticlinal de Chumpe (vetas), y como reemplazamiento de las calizas Pucará, encima de los volcánicos Catalina (mantos). En Andaychagua solo como vetas.

### 3.6. Mineralización

#### 3.6.1. Mineralización en vetas

El anticlinal de Chumpe es extensamente atravesado por fracturas perpendiculares a su eje, prolongándose algunas desde el flanco occidental hasta el flanco oriental del anticlinal, mientras que otras ocurren sólo en los flancos.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA

(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C



CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

## CAPITULO IV: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

### 4.1. Mapeo geomecánico en interior mina.

La evaluación geomecánica ha sido realizada íntegramente dentro y en el mismo Túnel Victoria con la finalidad de caracterizar la masa rocosa a través de un índice numérico cuantitativo que permita discretizar la masa rocosa en dominios geomecánicos.

Los parámetros de observación y medición definidos en el mapeo geomecánico subterráneo fueron obtenidos y registrados en formatos estandarizados adecuándolos a las normas sugeridas por la "Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas" (I.S.R.M.). Entre los parámetros evaluados en los registros geomecánicos, podemos destacar los siguientes:

tipo de roca, tipo de estructura, orientación de discontinuidades estructurales, grado de fracturamiento, espaciado, persistencia, apertura, rugosidad, tipo de relleno, espesor del relleno, grado de alteración y condición de agua subterránea en la roca.

### 4.2. Distribución de discontinuidades

Para establecer las características de la distribución espacial de las discontinuidades estructurales (fallas) que involucra la masa rocosa asociada al Proyecto durante el mapeo geomecánico se tomaron registros detallados respecto al tipo de discontinuidades estructurales y su orientación en la notación buzamiento / dirección de buzamiento como se aprecia en los registros del mapeo geomecánico. Estos datos orientacionales se han procesado estadísticamente empleando la técnica de proyección estereográfica equiangular, utilizando como herramienta el software DIPS.

### 4.3. Aspecto estructural

En este acápite se resumen las características más relevantes de los aspectos estructurales, cartografiados durante el mapeo geomecánico en las excavaciones subterráneas (Túnel Victoria y su entorno físico). Las características estructurales promedias de las fallas (estructuras mayores) y diaclasas (estructuras menores) se describen en los siguientes acápites.

#### 4.3.1. Fallas

Las características geomecánicas de las fallas presentes en el área de interés, By Pass 4207 y Túnel Victoria presentan espaciamientos variables por lo general mayores a >2 metros,

con una persistencia que va desde unas decenas a cientos de metros, con aperturas moderadas, paredes de discontinuidad lisas. Estas fallas en los sectores evaluados por lo general presentan rellenos duros del tipo calcáreo el espesor de los rellenos de falla < 5mm, ligeramente alteradas, con presencia de ligera humedad.

#### 4.3.2. Diaclasas

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C



CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

Las características geomecánicas de estas discontinuidades estructurales en los distintos dominios geo mecánicos que involucra las zonas de interés presentan espaciamientos variables entre 0.2m – 0.6m (ligeramente fracturadas a fracturadas), la persistencia es variable entre >10 metros, el grado de apertura en las paredes expuestas de estas diaclasasvaría desde cerradas, angostas a muy angostas.

## CAPITULO V: INVESTIGACIÓN DE GABINETE

### 5.1. Estimación de parámetros de resistencia

#### 5.1.1. Resistencia de la roca intacta

Para estimar la resistencia de la roca, se realizaron una serie de ensayos en campo (resistencia a compresión simple usando el martillo de rebote y la picota de geólogo) y ensayos de Mecánica de Rocas en Laboratorio (propiedades físicas, compresión simple, compresión triaxial, constantes elásticas).

La resistencia al esfuerzo de corte en las paredes de las discontinuidades, se ha estimado a través de los ensayos de laboratorio corte directo sobre discontinuidades simuladas. El resumen de los resultados de laboratorio para evaluar la resistencia de las discontinuidadesse muestra en la siguiente tabla.

#### 5.1.2. Resistencia de la masa rocosa

Para la estimación de los parámetros de resistencia a nivel de la Masa Rocosa, en el Estudiose han utilizado los criterios de "Serafín-Pereira; 1983", Hoek- Brown; 2002 y Karzulovic, 1999, los cuales toman como datos de entrada los resultados de la Clasificación geomecánica. Estos criterios son empíricos, pero resultan prácticos en la estimación de losparámetros geomecánicos a nivel de la masa rocosa, supliendo en alguna forma el error que se genera al extrapolar directamente los resultados de Ensayos de Mecánica de Rocas realizados en condiciones de Laboratorio, sobre muestras de roca intacta como parámetrosde la masa rocosa, procedimiento que no considera el efecto de escalamiento. Los parámetros estimados a nivel de la masa rocosa, utilizando los criterios de Criterio de H&B;2002, Serafin- Pereira; 1983 y Karzulovic; 1999 basados en parámetros obtenidos de la Clasificación geomecánica, ensayos realizados en campo y laboratorio según sugieren las normas de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas.

#### 5.1.3. Estimación del estado tensional

La roca en profundidad está sometida a una serie de esfuerzos resultantes como por ejemplo del peso de los estratos sobreyacentes para un caso puramente geoestático y adicionalmente debido a los esfuerzos de origen tectónico-residual, sísmológico para casos no geoestático. Independientemente de cual sea el caso geoestático o no geoestático al crear una excavación en la masa rocosa sometida a un estado de esfuerzos in-situ(preminado) su campo de esfuerzos es disturbado y en respuesta la

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr. GRAU N° 211-CHILCA

(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C



CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

masa rocosa genera una redistribución de los esfuerzos cuyo resultado conlleva a un nuevo estado de esfuerzos denominado esfuerzos inducidos en el entorno físico de la excavación. El conocimiento de la magnitud y dirección de los esfuerzos, es una componente esencial para el diseño subterráneo, debido a que ocurren casos donde la resistencia de la roca es superada por la magnitud de los esfuerzos inducidos, generándose la inestabilidad de la excavación.

#### 5.1.4. Dirección de esfuerzos

Para estimar la orientación de los esfuerzos, considerándose que en esta zona se carecen de estas estimaciones, en el presente Estudio se parte de la hipótesis de fallas conjugadas. Esta hipótesis postula que Las orientaciones de los esfuerzos principales a nivel local (Mina Carahuacra) están controlados en alguna medida por la dirección de las fallas principales ocurridas en el sector. Del análisis estereográfico (proyección de fallas y diaclasas), mostrados en la tabla 01 y la Imagen 10, se obtienen los siguientes sistemas de fallas conjugadas: (S1: 77/165; S2: 79/341); mediante la aplicación de la técnica de proyección estereográfica equiangular de estos sistemas de fallas y empleando el criterio de fallas conjugadas se obtienen los planos máximos de los esfuerzos  $s_1$ ,  $s_2$ , y  $s_3$ ; cuya interpretación finalmente permite estimar la orientación de los esfuerzos principales.

## CAPITULO VI: CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA

### 6.1. OBJETIVO

- El presente informe tiene como objetivo dar a conocer la caracterización geomecánica del By Pass 4207, a su vez una determinación más exacta de su clasificación RMR y alcances en temas de mecanismos de falla.
- El objetivo principal de esta evaluación es caracterizar la masa rocosa que involucra el túnel de integración y su entorno físico. Esto implica establecer el arreglo estructural, la calidad de roca, los parámetros de resistencia, la influencia del agua subterránea en la estabilidad de excavaciones, estimar el estado tensional, establecer recomendaciones básicas sobre los controles técnicos que deberán implementarse para lograr una gestión adecuada de los aspectos geomecánicos asociados al proyecto Túnel de integración.

### 6.2. ASPECTOS TECNICOS

Se cuenta con la evaluación y zonificación geomecánica de la labor, además de contar con la información estructural del túnel de integración y Túnel Victoria.



### 6.2.1. Diseño de Proyecto.

Se cuenta con la evaluación y zonificación geomecánica del avance, por la chimenea 1777, además de contar con la información estructural en el túnel de integración (Ver figura 04).

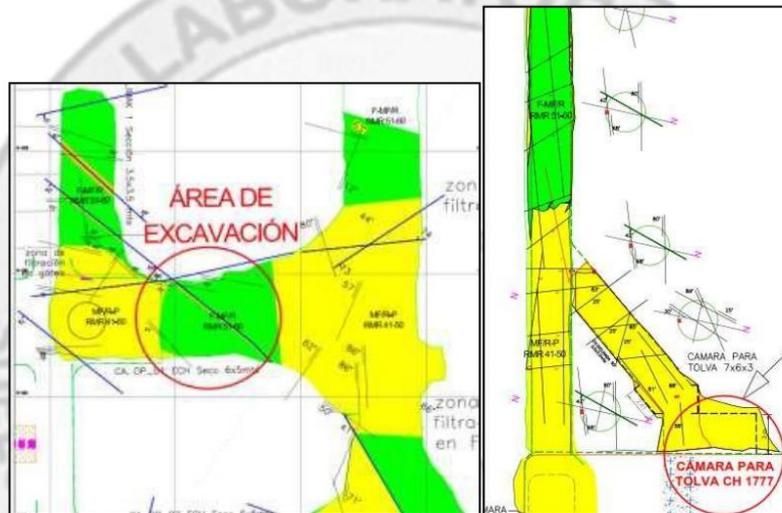


Figura 04: Vista en planta y sección de la cámara para tolva de la Ch 1777.

### 6.3. Caracterización de la masa rocosa

Los valores de la valoración del RMR fueron determinados mediante el registro de mapeo en campo (Celdas en Detalle). El Cuadro 03 muestra la calidad del macizo rocoso por tipo de rocas presente en el área de estudio.

Tabla 03: Valoración del Macizo Rocosos

Litología	Rango RMR	RMR
<b>Volcánico(andesita)</b>	49- 53	IIIA – IIIB

Se realiza la caracterización primando la masa rocosa representativa, donde se evidencia la existencia de principales dominios de diaclasas que controlan en gran parte ambos hastiales con un RMR promedio de 51. En el frente de avance de la excavación tenemos 2 cuñas tetraedrales puntuales cuyos rumbos son subparalelos y subtransversales al eje de avance.

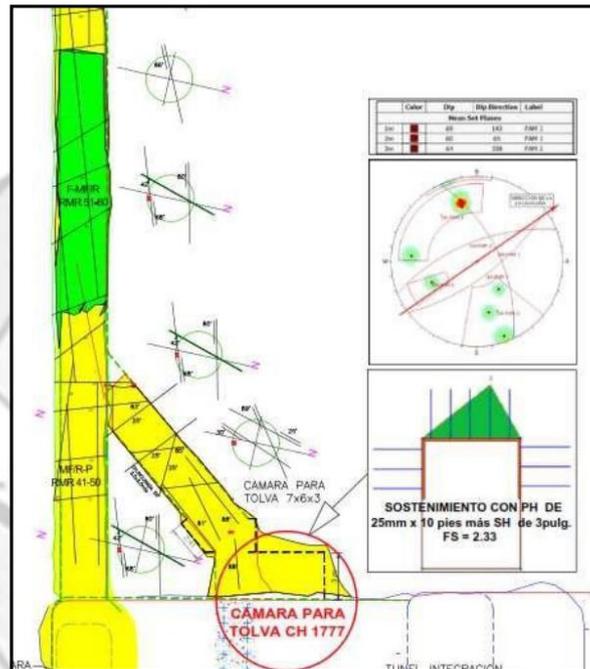


Figura 05: Mapeo estructural y zonificación Geomecánica donde se muestra el factor de seguridad (FS) luego de un sostenimiento conformado por malla, PH Y SH.

### 6.3.1. Aspectos litológicos

Se evidencia la presencia de Flujos de lava, tufos, brechas y piroclastos, estructuras rocosas de composición típicamente andesítica y en sectores de composición dacítica pertenecientes a los "Volcánicos Catalina"; Calidad de roca identificada en todo el avance del proyecto del Túnel de Integración y túnel Victoria.

La litología predominante corresponde a volcánicos andesíticos, con alteraciones de marga caliza de tonalidad marrón rojiza, presencia de alteración en halos finos de ceritización haciendo un macizo ligeramente alterado, según lo encontrado en el registro de mapeo de campo.

#### 6.3.1.1. Tipo de Roca

Se realizó en 02 tipos de roca.

- Tipo III A, GSI F/R



- Tipo III B, GSI F-MF/R

### 6.3.2. Aspectos estructurales

En este acápite se resumen las características más relevantes de los aspectos estructurales, cartografiados durante el mapeo geomecánico en afloramientos rocosos de superficie y excavaciones subterráneas (Túnel Victoria y su entorno físico). Las características estructurales promedias de las fallas (estructuras mayores) y diaclasas (estructuras menores) se describen en los siguientes acápites.

#### 6.3.2.1. Distribución de Discontinuidades

Se realiza el registro de Azimut y Buzamiento de las estructuras, con el objetivo de identificar el dominio y arreglo estructural presente, la estimación se realiza mediante uso de técnicas de proyección estereográfica (Dips). Con el objetivo de determinar el dominio y arreglo estructural presente, se realiza el registro en campo y posterior modelamiento mediante dips, logrando la siguiente configuración:

### 6.4. Análisis estereográfico

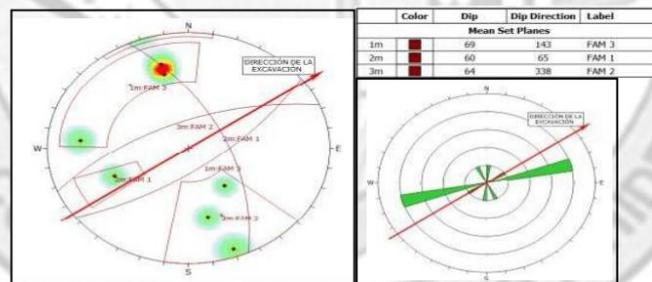


Figura 06: Zonificación estructural de la cámara para tolva. Familias principales de discontinuidades.

### 6.5. Índice de fracturamiento de la roca RQD

Para el mapeo por celdas, a menudo, está disponible una imagen más tridimensional de espaciamiento de las discontinuidades. Palmström (1982) define a  $J_v$  como número de juntas presentes en un metro cúbico de roca.

$$J_v = J_x + J_y + J_z$$

Para el By Pass 4207, el valor de  $J_v$  sería:

$$J_v = 5 + 6 + 6 = 17$$

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C



CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

El valor de RQD será:

$$RQD = 115 - 3.3 * 17 = 60\%$$

Por lo tanto, para la valorización del RQD de la roca consideraremos el valor de 13.

### 6.5.1. Mecanismo de falla.

#### 6.5.1.1. Controlada por esfuerzos

Cálculo del factor de roca:

<i>Resistencia Compresiva Uniaxial</i>	<i>150 Mpa</i>	
----- = ----- = 40		
<i>Esfuerzo Vertical</i>	<i>3.78 Mpa</i>	

NIVEL TENSIONAL	6c/6 <sub>t</sub>	60/6c	SRF(antiguo)	SRF(actual)
Tensiones pequeñas, cerca de la superficie, fracturas abiertas.	> 200	< 0,01	2,5	2,5
Tensiones medias, condiciones tensionales favorables.	200 - 10	0,01 - 0,3	1	1
Tensiones elevadas, estructura muy comprimida. Normalmente, favorable para la estabilidad, quizás desfavorable para la estabilidad de los hastiales.	10 - 5	0,3 - 0,4	0,5 - 2	0,5 - 2
Descostamiento moderado (Slabbing) después de 1 hora en rocas masivas.	5 - 3	0,5 - 0,65	5 - 9	5 - 50
Descostamiento y estallidos de la roca (Rock burst) después de algunos minutos en rocas masivas.	3 - 2	0,65 - 1,0	9 - 15	50 - 200
Estallidos violentos de roca (tensión-estallido) y deformaciones dinámicas inmediatas en rocas masivas.	< 2	> 1,0	15 - 20	200 - 400

Al estar cerca de la superficie, el By Pass 4207, no presentará un mecanismo de falla por esfuerzos. Al calcular el valor de factor de roca, determinamos que es de 40, lo cual según la tabla SRF, indicaría que estamos frente a tensiones medias, condiciones tensionales favorables.

#### 6.5.1.2. Controlada por estructuras.

Con el objetivo de determinar el dominio y arreglo estructural presente, se realiza el registro en campo y posterior modelamiento mediante Dips.

### 6.6. Parámetros de la resistencia del macizo rocoso

#### 6.6.1. Resistencia a la roca Intacta

Uno de los parámetros más importantes para evaluar el comportamiento mecánico

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC**

**DIRECCIÓN :** Jr. GRAU N°211-CHILCA  
(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

**E-MAIL :** labgeotestv02@gmail.com  
geotest.v@gmail.com

**FACEBOOK :** Geo Test V S.A.C

**CELULAR :** 952525151 - 972831911-991375093      **RUC :** 20606529229



de lamasa rocosa es la resistencia compresiva uniaxial de la roca intacta ( $\sigma_c$  o **UCS**). En el Cuadro 03, se muestran los resultados de los ensayos de compresión triaxial, con lo cual se han obtenido: la resistencia no compresiva de la roca intacta, valores de la constante "mi" del criterio de falla de Hoek & Brown (2002-2007) y los parámetros de resistencia al corte de Mohr Coulomb: cohesión y ángulo de fricción. Todos estos parámetros correspondientes a la roca intacta.

Tabla 04: Parámetros a la Roca Intacta

Litología	P.E Absoluto (Kn/M3)	Resistencia Corregida (Mpa)	Módulo de Young Gpa	Razón de Poisson	mi
Volcánico	25.83	41.55	4600	0.32	

### 6.7. Clasificación de la masa rocosa

Los valores de resistencia a la compresión uniaxial de la roca fueron estimados usando la picota de geólogo, los valores del índice de calidad de roca RQD fueron determinados mediante el registro volumétrico de diaclasas utilizando la relación propuesta por Palmstrom. Como se refirió líneas arriba el criterio adoptado para clasificar la masa rocosa en este informe es la Clasificación geomecánica RMR89 de Bieniawski, modificado por Romana, 2000 cuyo rango de valoración se aprecia en el cuadro 06. Se emplea este criterio de clasificación para discretizar (subdividir) en rangos más ajustados la calidad de roca, evitando errores de sobreestimación y subestimación de la calidad de masa rocosa.

Tabla 05: Criterios para la clasificación geomecánica

Tipo de roca	Rango RMR	Clasificación
I-A	91-100	Muy buena A
I-B	81-90	Muy buena B
II-A	71-80	Buena A
II-B	61-70	Buena B
III-A	51-60	Regular A
III-B	41-50	Regular B
IV-A	31-40	Mala A
IV-B	21-30	Mala B
V	<21	Muy mala

Nota: Clasificación RMR 89, modificada Romana 2000.

### 6.8. Aspectos geomecánicos.

Luego de haber determinado de manera más exacta la resistencia compresiva uniaxial de la roca, el índice de fracturamiento de la roca (RQD) y la distribución espacial de las estructuras a lo largo del By Pass 4207, determinaremos un RMR más exacto de 47, Tipo

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC**

**DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA**  
(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

**E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com**  
**geotest.v@gmail.com**  
**FACEBOOK : Geo Test V S.A.C**



**CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093**

**RUC : 20606529229**

III B.

**A. Valoración del Macizo Rocoso (RMR)**

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO - ROCK MASS RATING (RMR - BIENIAWSKI 1989)												
PARAMETRO		RANGO DE VALORES									VALOR	
UCS	(MPa)	> 250	15	100-250	12	50-100	7	25-50	4	< 25	1	12
RQD	(%)	90-100	20	75-90	17	50-75	13	25-50	8	< 25	3	13
ESPACIAMIENTO (m)		> 2	20	0.6-2	15	0.2-0.6	10	0.06-0.2	8	< 0.06	5	10
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m long	6	1.3 m long	4	3-10 m	2	10-20 m	1	> 20 m	0	2
	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1 mm apert.	5	0.1-1.0 mm	4	1-5 mm	1	> 5 mm	0	4
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de folia	0	3
	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5 mm	4	Duro > 5 mm	2	Suave < 3 mm	1	Suave > 3 mm	0	1
	INTEMPERIZACIÓN	Sana	6	Lig. Intemp.	5	Mod. Intemp.	3	Muy Intemp.	2	Descompuesta	0	5
AGUA SUBTERRANEA		Seco	15	Humeda	10	Mojada	7	Goteo	4	Flujo	0	15
Dirección Perpendicular al Eje de la obra						Dirección paralelo al eje de la obra				Bz 0-20° en cualquier dirección.	<b>62</b>	
Bz a favor		Bz en contra		Bz		Bz		<b>-12</b>				
45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45°	20°-45°						
0	-2	-5	-10	-12	-5	-12	<b>50</b>					

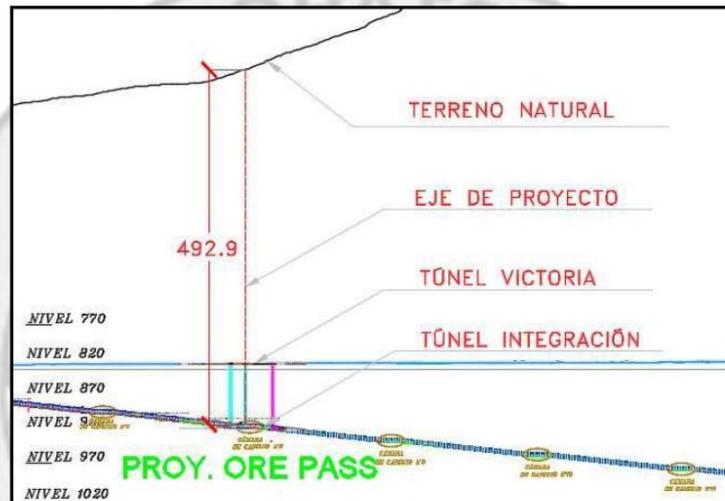
**B. Cartilla Geomecánica GSI 2019\_UM. Carahuacra.**

VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.S. UNIDAD PRODUCCIÓN YAUJ-UNIDAD MINERA CARAHUACRA SISTENIMIENTO DE LABORES SEGÚN CARTILLA GEOMECÁNICA GSI	
<b>CONDICIÓN SUBCUTANEA</b>	<p><b>B</b> Presencia de fracturas de las labores de explotación que se han desarrollado en las labores de explotación, desde 2000 hasta 2010, con una longitud promedio de 10 m.</p> <p><b>C</b> Presencia de fracturas de las labores de explotación que se han desarrollado en las labores de explotación, desde 2000 hasta 2010, con una longitud promedio de 5 m.</p> <p><b>D1</b> Presencia de fracturas de las labores de explotación que se han desarrollado en las labores de explotación, desde 2000 hasta 2010, con una longitud promedio de 2 m.</p> <p><b>E</b> Presencia de fracturas de las labores de explotación que se han desarrollado en las labores de explotación, desde 2000 hasta 2010, con una longitud promedio de 1 m.</p> <p><b>F</b> Presencia de fracturas de las labores de explotación que se han desarrollado en las labores de explotación, desde 2000 hasta 2010, con una longitud promedio de 0.5 m.</p>
<b>ESTRUCTURA</b>	<p><b>IP1</b> PRACTURADA (P) BETA TRIBANDA, POCO DISTURBADA. ESPACIAMIENTO DE 2.5 A 10 cm. FORMADO POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. RQD DE 10%.</p> <p><b>IP2</b> PRACTURADA (P) BETA TRIBANDA, POCO DISTURBADA. ESPACIAMIENTO DE 2.5 A 10 cm. FORMADO POR CUATRO SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. RQD DE 10%.</p> <p><b>IP3</b> PRACTURADA (P) BETA TRIBANDA, POCO DISTURBADA. ESPACIAMIENTO DE 2.5 A 10 cm. FORMADO POR CINCO SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. RQD DE 10%.</p> <p><b>IP4</b> PRACTURADA (P) BETA TRIBANDA, POCO DISTURBADA. ESPACIAMIENTO DE 2.5 A 10 cm. FORMADO POR SEIS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. RQD DE 10%.</p> <p><b>IP5</b> PRACTURADA (P) BETA TRIBANDA, POCO DISTURBADA. ESPACIAMIENTO DE 2.5 A 10 cm. FORMADO POR SEIS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. RQD DE 10%.</p> <p><b>IP6</b> PRACTURADA (P) BETA TRIBANDA, POCO DISTURBADA. ESPACIAMIENTO DE 2.5 A 10 cm. FORMADO POR SEIS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. RQD DE 10%.</p> <p><b>IP7</b> PRACTURADA (P) BETA TRIBANDA, POCO DISTURBADA. ESPACIAMIENTO DE 2.5 A 10 cm. FORMADO POR SEIS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. RQD DE 10%.</p> <p><b>IP8</b> PRACTURADA (P) BETA TRIBANDA, POCO DISTURBADA. ESPACIAMIENTO DE 2.5 A 10 cm. FORMADO POR SEIS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. RQD DE 10%.</p> <p><b>IP9</b> PRACTURADA (P) BETA TRIBANDA, POCO DISTURBADA. ESPACIAMIENTO DE 2.5 A 10 cm. FORMADO POR SEIS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. RQD DE 10%.</p> <p><b>IP10</b> PRACTURADA (P) BETA TRIBANDA, POCO DISTURBADA. ESPACIAMIENTO DE 2.5 A 10 cm. FORMADO POR SEIS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. RQD DE 10%.</p>



## 6.9. Análisis de estabilidad usando los softwares: DIPS Y UNWEDGE.

### 6.9.1. Estabilidad estructuralmente controlada.



**Figura 07:** Corte transversal de proyecto, carga Litostática. La Cámara para tolva 1777 se encuentra a la altura de, progresiva 1,480 del Túnel Victoria, se encuentra ubicado a una profundidad de 508.4 metros.

#### a. Condiciones del agua subterránea

No se cuenta con principal efecto del agua subterránea en la excavación de la cámara para tolva 1777, el cual ayuda a la estabilidad por seguridad (F.S.).

A fin de evaluar la influencia del arreglo estructural de la masa rocosa de la profundización, sobre las condiciones de estabilidad de las excavaciones que estarán asociadas al minado y teniendo en cuenta las cuñas tetraedrales presentes en el área de excavación, se ha realizado un análisis de estabilidad estructuralmente controlada, utilizando el programa de cómputo UNWEDGE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA  
(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com  
geotest.v@gmail.com  
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C



CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

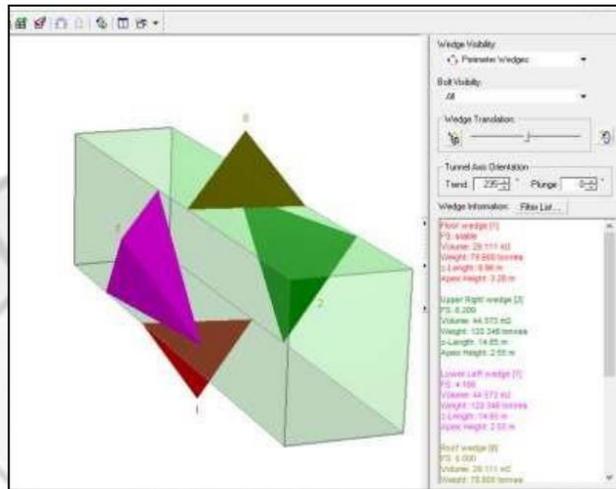


Figura 08: Análisis Estructural In Situ. Cuña 8 (FS = 0.00)

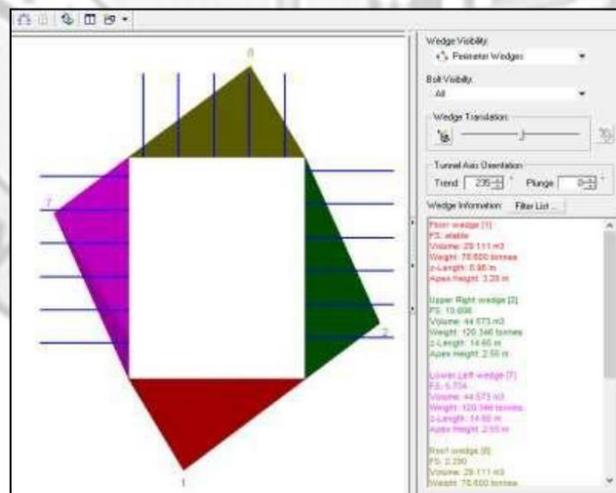


Figura 09: Análisis Estructural Con sostenimiento de pernos helicoidales de 25mm x 10 pies más Malla Electrosoldada.



**PRESENCIA DE ARCO DE ROCA EN LA CUAL TENEMOS UNA CUÑA TETRAEDRAL.FACTOR DE SEGURIDAD INICIAL = 0.00**

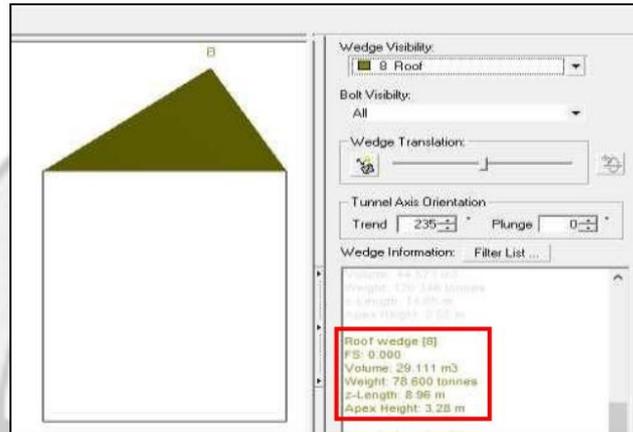


Figura 10: En la corona de la cámara se tiene una Cuña tetraedral.

**SOSTENIMIENTO CON PH DE 25mm DE 10 PIES DONDE EL FACTOR DE SEGURIDAD EN ESTE CASO SERÁ DE 2.29**

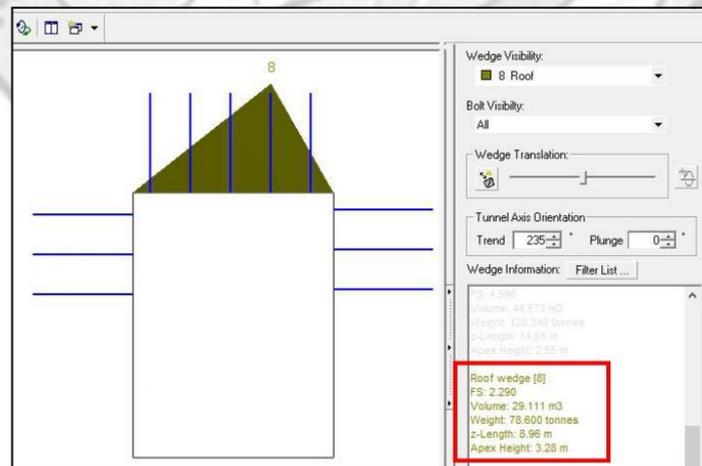


Figura 11: Cuña sostenida con 5 PH en corona con F.S = 2.29



**SOSTENIMIENTO CON PERNO HELICOIDAL DE 25mm DE 10 PIES MAS  
SHOTCRETE DE 3 PULGADAS DE ESPESOR DONDE EL FACTOR DE  
SEGURIDAD EN ESTE CASO SERÁ DE 2.33**

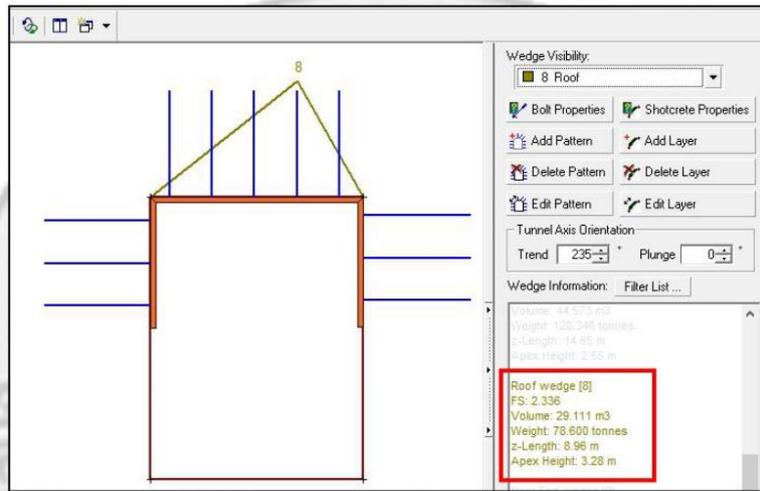


Figura 12: Cuña sostenido PH 10pies en corona y PH 8pies en hastiales.

El Factor de Seguridad sin sostenimiento, para la EXCAVACIÓN es menor a 1.0 (FS= 0.0), sin embargo, al colocar el sostenimiento (Malla E.S. + PH de 25mm x 10'), este supera el 1.5 (F.S = 2.29), y al complementar el sostenimiento con shotcrete de 3 pulgadas de espesor llegaremos a un F.S = 2.33 generando así la estabilidad requerida según los estándares de nuestra corporación.

## CAPITULO VII. SOSTENIMIENTO

### 7.1. Sostenimiento

Cuadro 01: Sostenimiento por tipo de roca.

RMR	TIPO DE ROCA	TIPO DE SOSTENIMIENTO INTERSECCIÓN
51-60	IIIA	SHOTCRETE 2" + PH SISTEMATICO 19mm x 7 PIES @ 1.5 MTS
41-50	IIIB	MALLA + PERNO HELICOIDAL SISTEMATICO 19mm x 7 PIES @ 1.2 MTS + SHOTCRETE de 2pulg.



El sostenimiento a realizar correspondiente al tipo de roca IIIB para el avance de la cámara para tolva de la CH 1777 será:

- Primero Colocar una Malla electrosoldada completamente adherida al contorno, adicionando pernos helicoidales;

MALLA E.S. + PERNO HELICOIDAL 25 mm X 10 PIES en la corona.

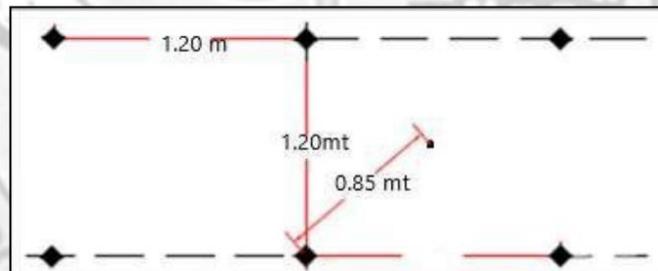
En el frente de la cámara y los hastiales se colocó Pernos Helicoidales de 19mmx8pies espaciados a 1.2mts.

- Segundo, completar el sostenimiento de toda la sección con; SHOTCRETE3" de espesor sin fibra metálica.

## 7.2. Control en la instalación de pernos helicoidales

Se tiene definido el espaciado de los pernos de acuerdo al tipo de roca:

Diseño de Malla de empernado para un RMR de 41 – 50.



**Figura 13:** Para una roca con RMR de 41 – 50; el espaciamiento fue de 1.2mts. La distribución de los pernos es en forma lineal, tal como se muestra en el diagrama.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C



CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

### 7.3. Control de sostenimiento con Shotcrete

DISEÑO PARA MEZCLA DE SHOTCRETE \_ UM CARAHUACRA \_ VIA SECA  
POR METRO CUBICO DE CONCRETO

		Kilos
<b>Cemento</b>	<b>10</b> Bolsas	425
<b>Agua</b>	<b>0.4</b> Relación Agua/Cemento	170
<b>Aditivo</b>	<b>3.00%</b> % Respecto al peso del cemento	12.75
<b>Arena</b>		1731.75
<b>Fibra</b>		25



**Figura 14:** En la imagen izquierda tenemos la línea divisoria del avance de SH.  
En la imagen derecha se observa el lanzamiento de Shotcrete con aliva (vía seca).

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

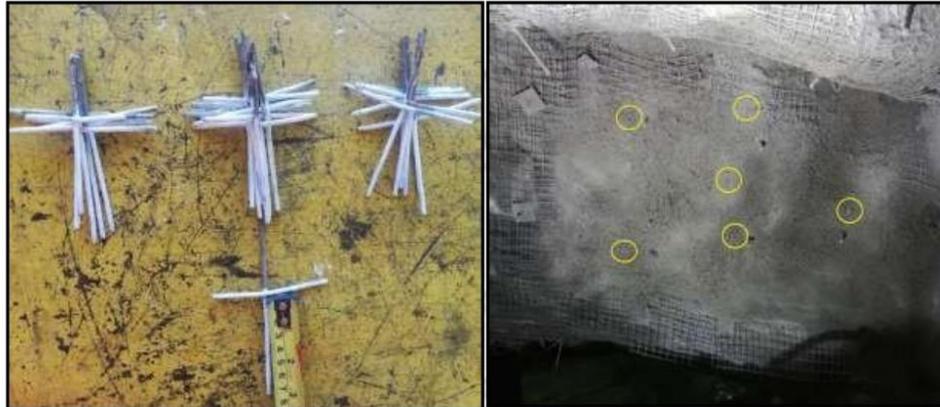
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



**Figura 15:** En la imagen izquierda tenemos los calibradores fabricados de 3pulg. En la imagen derecha tenemos estos calibradores colocados contorneados de color amarillo.



**Figura 16:** En la imagen izquierda tenemos calibrador de 3pulg(7.5cm). En la imagen derecha se observa el calibrador que controla el espesor de SH hasta cubrir toda la malla

#### 7.4. Control de calidad de Pernos Helicoidales (Pull Test)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



**Figura 17:** En el hastial derecho se colocó PH de sólo 3 pies (Mecha en el Collarín) con 2 resina. A los 10 minutos se realizó la prueba de arranque. El resultado obtenido fue de 7 Tn realizado por CASTEM en compañía del geomecánico y jefe de guardia de SEPROCAL.



**Figura 18:** En el hastial derecho se colocó PH de sólo 4 pies (Mecha en el Collarín) con 2 resina. A los 10 minutos se realizó la prueba de arranque. El resultado obtenido fue de 15 Tn realizado por CASTEM en compañía de geomecánico y jefe de guardia de SEPROCAL.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA  
(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com  
geotest.v@gmail.com  
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C



CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



**Figura 19:** En el hastial derecho de la cámara para Tolva de la Ch 1757 se realizó la prueba de arranque al Perno Helicoidal "P1" colocado hace más de un mes. El resultado fue de 20 Tn realizado por el proveedor CASTEM en compañía del geomecánico y jefe de guardia de SEPROCAL.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

(Refa una cuadra frente al parque Puzo

geotest.v@gmail.com

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



Los resultados de las 3 últimas pruebas de arranque realizado el 12/06/19 se encuentran en la siguiente hoja de Ensayos y Pruebas de control de Calidad, adjunta.

**ENSAYOS Y PRUEBA DE CONTROL DE CALIDAD (PRUEBA DE PULL TEST)**

UP. TALEZ, U.M. CUSAMARCA  
ÁREA DE GEOMECÁNICA

Datos de la Labor y Parámetros Geomecánicos:

Fecha de Ensayo : 12/06/19  
 Nivel: 820  
 Labor: Camara para tolva - CHIFFF  
 Sección de Labor:  
 Cantidad de Pernos Instalados: 03  
 IN del Sosténimiento Aplicado:  
 Experimento del Emperrado: 1-2 mt.  
 Tipo de Perno: Helicoidal  
 Diámetro del Perno: 19mm x 4 puz ; 19mm x 3 puz ; 19mm x 4 puz  
 Marca: MB 41-50  
 Litología: Volcánica  
 Calidad del Macizo: Regular  
 Sosténimiento Adicional: Malla  
 Diámetro de Broca: 38mm  
 Tipo de Perforación: Jackleg  
 Observación:

N°	Capacidad Verificada (TN)	Capacidad Según Estándar (TN)	Desplazamiento del Pistón (mm)	Hastil	RMA	SDI	Observaciones
1	12	7	78	ambos	MB F11K		Calado 3 puz. 2475
2	7	7	26	ambos	MB F1R		Calado 3 puz. 2475
3	20	10	21	ambos	MB F1R		Calado 4 puz. 1975

Observaciones Adicionales:  
 - Los Pernos 1 y 2, fueron colocados solo 4 puz a 7m.  
 - El Perno 3 fue colocado los 2 puz a 7m.  
 - Se colocó 15 minutos antes de la prueba de arranque.  
 - El tiempo de espera fue de 1 mes.

Conclusiones:  
 Los resultados de las pruebas de arranque, muestran que los pernos 1 y 2, fueron colocados solo 4 puz a 7m, por lo tanto se obtiene resultados por debajo del estándar F1R en 7m a 3 puz y 1975 con 2475.

*[Firma]*  
 INGENIERO GEOMECÁNICO  
 F. Pacheco  
 12/06/19  
 CH-1377

*[Firma]*  
 INGENIERO GEOMECÁNICO  
 P. Castro  
 12/06/19  
 CH-1377

Figura 20: La capacidad verificada es de 7TN y 12TN con 2 Resinas y la capacidad estándar es de 7 TN a los 10 minutos .

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



### 7.5. Control de Calidad de Shotcrete



Figura 21: Muestra de SH tomada durante el lanzamiento de la misma en la cámara para tolva - CH 1777 – Túnel integración.



Figura 22: Muestra de SH codificada para su envío a laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C



CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

### 7.6. Seguimiento y control de estabilidad en las labores

Las recomendaciones de sostenimiento son reportadas diariamente, tanto a la supervisión de Volcan Compañía Minera (Jefe de Proyecto) como a la de Operaciones Seprocal. Igualmente, estas recomendaciones, así como los controles geomecánicos es registrado en planos, los mapeos colocados en los tableros informativos, y la emisión diaria de la recomendación geomecánica.



Figura 23: Controles geomecánicos colocados en el tablero informativo.

<p>FECHA: 03/05/19  <b>Obs</b>                  1) En el frente de la cámara de avance tenemos discontinuidades paralelas, subparalelas y perpendiculares al eje de avance, formando estratos y curvas postivas.                  2) La discontinuidad del AS Castaña dicho hástid (Az=75°)</p>	<p>T. ROCA: <b>h</b> PROGRESIVA: <b>1284/13</b>  </p>	<p>RECOMENDACIONES:                  1) Mantener avanzado y constante                  2) Sustentar sistema con: <b>050</b> 03/05/19                  Malla + Ph 25mm 10pies; espaci=2m                  Razon: 3; Cantid: 1; altura con Ph 10mm 8pies                  3) En los hástidos sustentar con                  Malla + Ph 10mm 8pies; espaci=2;                  Razon: 2; Cantid: 6. <b>070</b>                  4) En el frente de avance colocar malla de acero para + espiguet a tres metros de línea de perforación.</p>
<p>SUPERVISOR SEGURIDAD:                  NOMBRE: <b>14-61-007</b></p>	<p>JEFE DE GUARDIA NOCHE:                  NOMBRE: <b>10/117</b></p>	<p>SUPERVISOR GEOMECANICO:                  NOMBRE: <b>10/117</b>                  NOMBRE: <b>Ran Velazco</b>                  NOMBRE: <b>07/08/19</b>                  16/05/19 trabajos de obras civiles</p>

Figura 24: Recomendaciones y mapeos Geomecánicos realizados a diario.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA

(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C



CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

### CONCLUSIONES.

- ✓ El tipo de roca en la cámara para la tolva se encuentra en un rango IIIA a IIIB, lacual al someterse a la influencia de la abertura se considera un tipo IIIB.
- ✓ El sostenimiento final considera los factores de seguridad mayores a 1.5 requeridos por el proyecto.
- ✓ El sostenimiento Preliminar con malla electrosoldada más Pernos Helicoidales de 25mm x 10 pies nos da un factor de seguridad de 2.29.
- ✓ El sostenimiento final con malla electrosoldada más Pernos Helicoidales de 25mm x 10 pies y complementado el sostenimiento con Shotcrete de 3 pulg de espesor sin fibra metálica nos da un factor de seguridad de 2.33.
- ✓ Los rangos de deformación y esfuerzos considerados se encuentran dentro de los rangos establecidos.
- ✓ Los resultados de la prueba de arranque de los pernos colocados a los 10 minutos y los colocados hace más de un mes con 2 resinas son muy aceptables ya que se obtuvieron resultados por encima del estándar (7TN y 18TN respectivamente).
- ✓ Las mechas en el Collarín para la cámara para tolva fueron con Pernos Helicoidales de 19mm x 7pies, las cuales fueron colocados de 3 a 4 pies con 2 resinas y 2 cementante obteniendo un resultado a la prueba de arranque muy aceptable (7tn -9 tn).

### RECOMENDACIONES

- ✓ Por las discontinuidades ( $Buz = 75^\circ - 90^\circ$ ) que controlan parte de los hastiales realizar el control de la voladura y evitar la sobre rotura en las mismas.
- ✓ Realizar el control de la voladura aladañíos a la labor para así evitar nuevas fracturas e inestabilidad en nuestra área de trabajo.
- ✓ Inmovilizar la muestra de shotcrete tomada en la labor por 3 días antes de su traslado a superficie.
- ✓ Colocar los calibradores cada 1.5mts para cumplir con el espesor de SH recomendado.

 <b>BASF</b> We create chemistry	<b>CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO</b>		
	<b>PRUEBAS A ESCALA DE LABORATORIO PLANTA BETONMAC</b>		
Fecha	17 de abril de 2019	Código Mezcla	M - 2
Diseño	Shotcrete Fc 300 Kg /cm <sup>2</sup>	Hora Mezcla Agua-Cemento	
Relación at/c	0.46    0.45	Técnicos	Brady P.G
Relación AF : AG	100 - 0	Volumen de Prueba (m <sup>3</sup> )	0.028
Aditivo a evaluar			
Tipo de Concreto	SHOTCRETE VÍA HUMEDA		

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES**

M DE FINESZA	% MALLA #200	P.F.M. (g/cm <sup>3</sup> )	% ABSORCIÓN	% DE HUMEDAD
3.65	3.9	2.57	2.40	7.50

Dosificación del aditivo			
MASTERROC SA 160	=	0.00	% = 0.00
MASTER GLENIUM 3915	=	0.508	% = 4.62
MASTERSSET DELVO	=	0.33	% = 3.1
	=	0.000	% = 0.0
	=		% =
FIBRA sintética	=	1.00	4.00 kg/m <sup>3</sup>

Dosificación de los agregados		
Vol. Aire :	4.5	%
Vol. Agregados :	0.644	
Arena :	100	%
Piedra :	0	%
Piedra # 67 :	0	%
Piedra 5 :	0	%

Dosificación material cementante		
Agua Diseño	:	180.0 Lts.
Cemento	:	400.0 kg
Filler	:	0.00 kg
Cementante total	:	400.00 kg
Filler %	:	0.00 %

R a/c = 0.45

**CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA**

MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m <sup>3</sup>	HUM. %	ABS. %	PESO SECO kg/m <sup>3</sup>	VOL. (M <sup>3</sup> )	PESO S.S.S.	CORRECCIÓN POR HUMEDAD	TANDA DE PRUEBA	
									PESO MEZCLA	UNIDAD
CEMENTO TIPO I	ANDINO	3150			400.0	0.1270	400.00	400.00	11.04	kg
Agua	MINA	1000			180.0	0.1800	220	95	2.64	Lt
Arena	PACHACHACA	2573	7.50	2.40	1658	0.8444	1658	1782	49.21	kg
MASTER GLENIUM 3915	BASF	1100			2.03	0.0018	1.8	1.8	0.056	Kg.
MASTERSSET DELVO	BASF	1060			1.3	0.00124	1.3	1.3	0.036	Kg.
FIBRA sintética	-	7500			4.00	0.0005	4.00	4.00	0.110	Kg.
Aire						0.0460				
TOTAL						2245.37	1.0000	2285	2285	63.09

**ENSAYO DE CONCRETO FRESCO**

TEMP. (°C)		SLUMP (pulg.)	CONTENIDO DE AIRE (%)	P.molde + mezcla (kg)	P.Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Retenido en tam. #10	TIEMPO DE FRAGUA		Datos para P.Unitario 3.4380
Amb.	Concr.						Inicial (hrs)	Final (hrs)	
18.5	22.8	10	10.8	18.53	2322	0.98			0.0065

**PERDIDA DE ASENTAMIENTO DE MEZCLA**

FRECUENCIA	T° (CERO)	T° ( 60 min )	T° ( 120 min )	T° ( 180 min )
		12:25	13:25	14:25
SLUMP	10	9	6 1/2	3 1/2
T° AMBIENTE	8.3	8	7.8	7.6
T° SHOTCRETE	12.4	11.9	11.5	11.2
EXTENCIÓN				

 mas 0.5 lt/m<sup>3</sup>
**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

EDAD	1 DIAS	Promedio F° C	3 DIAS	Promedio F° C	7 DIAS	Promedio F° C
		Mpa		Mpa		Mpa
17/04/2019	18-abr	6.7	20-abr	25.4	24-abr	41.6

<b>BURBUJEJO</b>
NO PRESENTA
MEDIANO
ALTO

X

<b>SEGREGACIÓN</b>
NO PRESENTA
LIGERA
ALTA

X

<b>COHESIVIDAD</b>
NO PRESENTA
LIGERA
ALTA

X

**COMENTARIOS:**

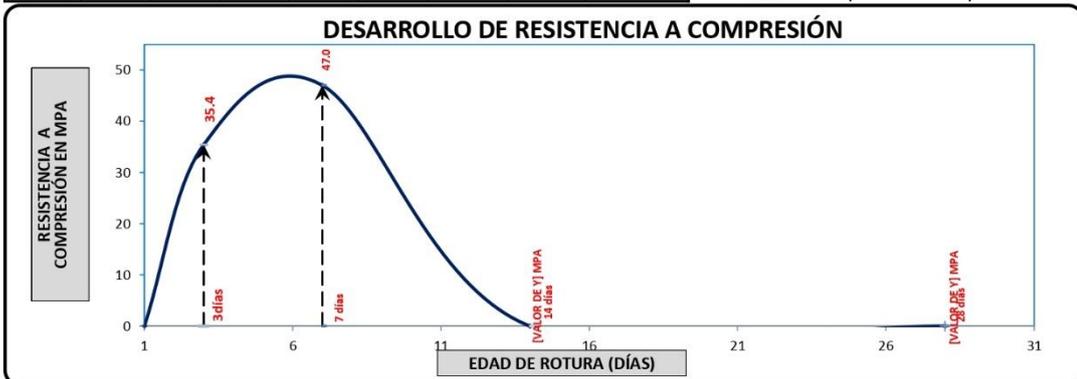
 BASF Construction Chemicals Perú S.A.  
 Jr. Plácido Jiménez 630, Lima 1- Perú  
 Tel. : (51-1) 385-0199  
 Fax : (51-1) 385-2065  
 www.la.cc.basf.com



N° DE REPORTE : **R.BASF.06-19 "CONTROL INTERNO"** DE : BRADY PEREIRA G.  
 RESISTENCIA : F'c 300 kg./cm2. @ 28 dias ATENCIÓN : ING. JORGE FLORES.  
 TIPO DE MUESTRA : SHOTCRETE MORTERO PARA COLLARIN TUNEL DE INTEGRACION.  
 OBRA / MINA : VOLCAN - UNIDAD CARAHUACRA - TUNEL DE INTEGRACION C.C. : ING. EDGAR RICSE  
 METODO DE ROTURA : "C" SEGÚN NORMA ASTM C 39  
 METODO DE CAPEADO : ASTM C 1231 FECHA DE MUESTREO : **29/06/2019**  
 METODO DE EXTRACCIÓN : ASTM C 42

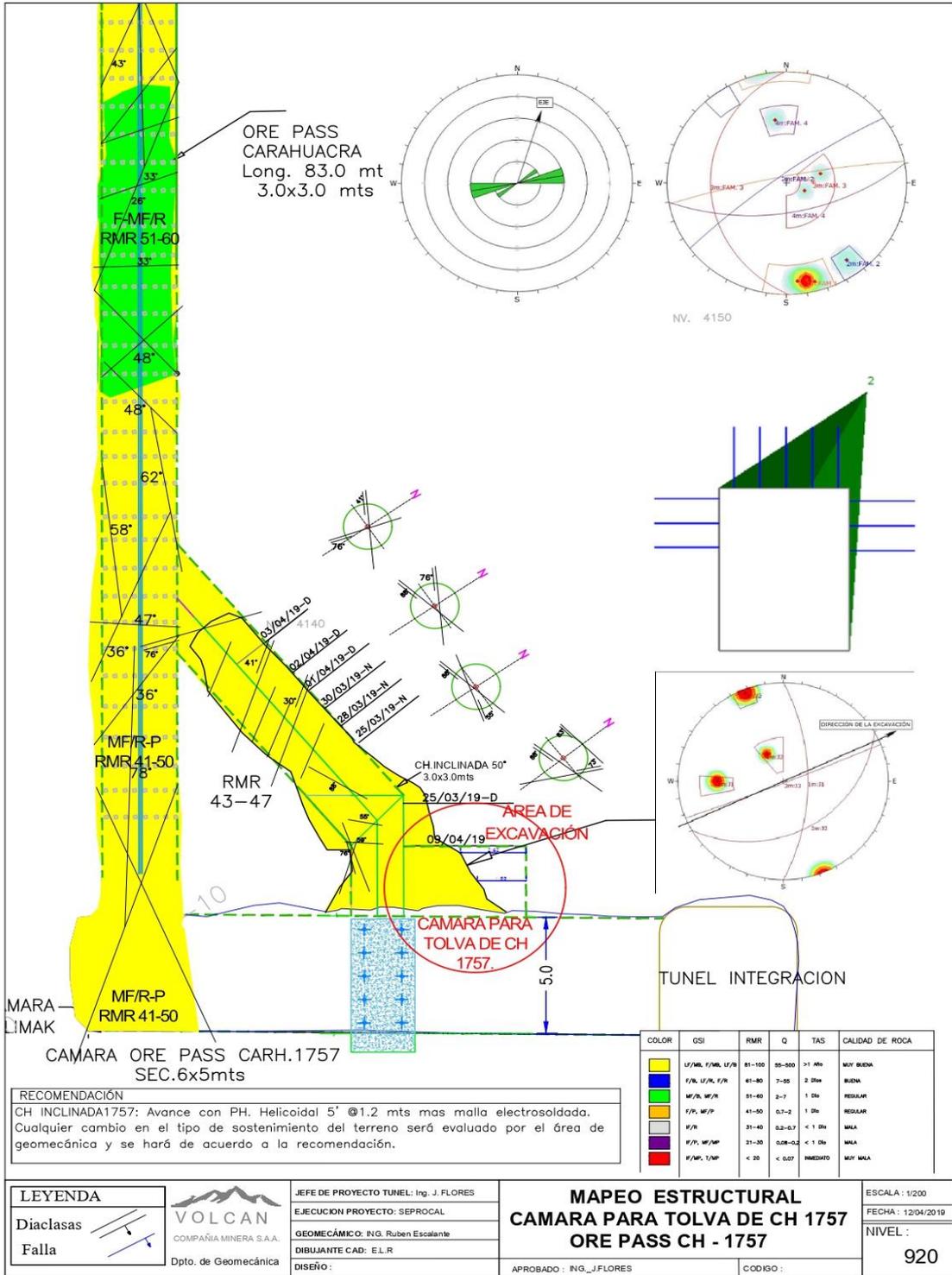
**DETALLES DE LOS TESTIGOS DIAMANTINOS :**

Edad de rotura	Altura cm. (h)	Diámetro cm. (d)	Relación (h/d)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (F'c)	F'c Promedio (MPA)	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA ARENA.	UNIDAD	
3 DÍAS	20.00	10.00	2.00	78.54	28258	359.79	35.4	MODULO DE FINEZA	--	
02-jul	20.00	10.00	2.00	78.54	27410	348.99				
7 DÍAS	20.00	10.00	2.00	78.54	36765	468.11	47.0	TAMAÑO MÁXIMO	1/2	
06-jul	20.00	10.00	2.00	78.54	37100	472.37		PESO ESPECÍFICO SECO ARENA	2.570	gr/cm <sup>3</sup>
								PASANTE MALLA #200	4.10	%
								PESO ESPECÍFICO SECO RELAVE	gr/cm <sup>3</sup>	



OBSERVACIONES:  
 - Probetas muestreadas y ensayadas en planta BETONMAC HUARIPAMPA-SAN CRISTOBAL  
 - Dimensiones: Probetas de 4 x 8 pulgadas  
 - Se adicionara la resistencia a 28 dias cumplidas.

## **Anexo 04: Planos**



**LEYENDA**

Diaclasas

Falla

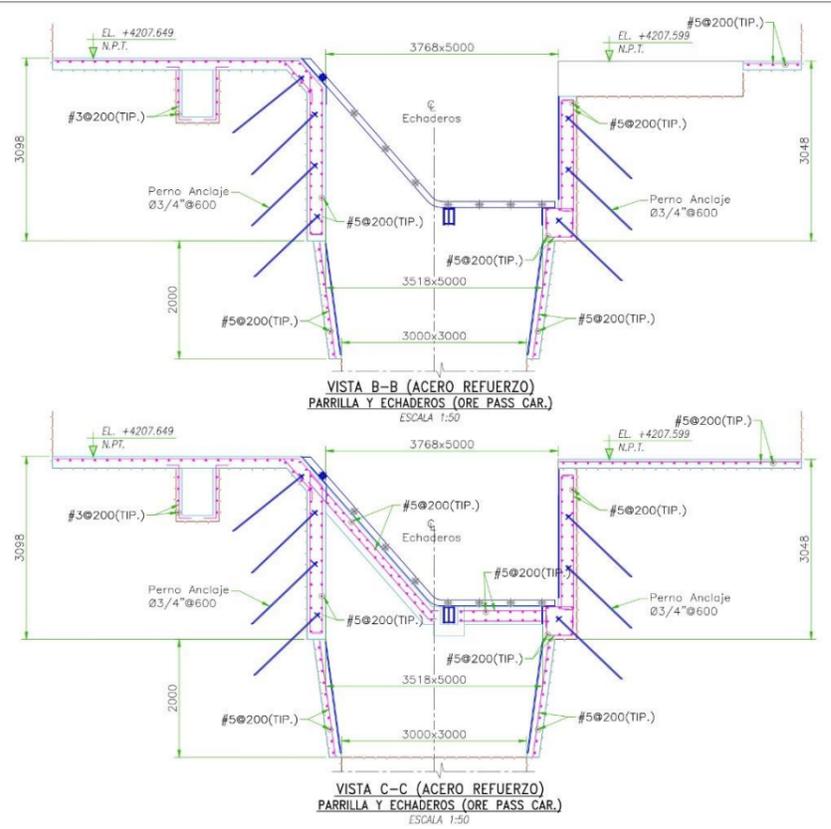
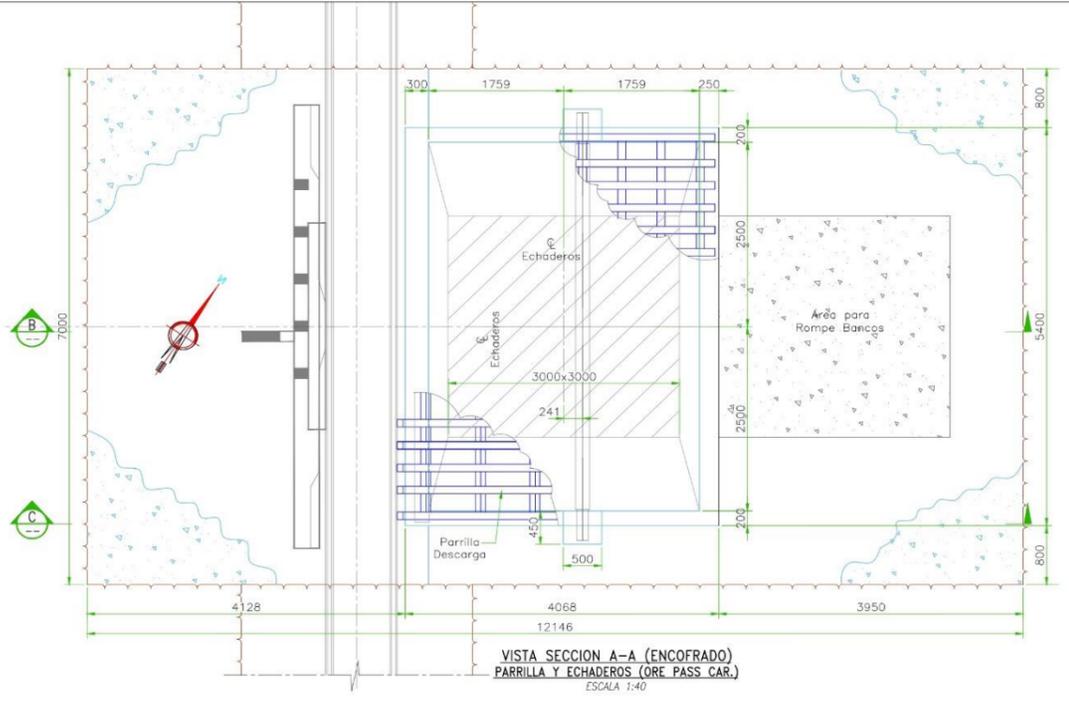
**VOLCAN**  
COMPAÑIA MINERA S.A.A.  
Dpto. de Geomecánica

JEFE DE PROYECTO TUNEL: Ing. J. FLORES  
EJECUCION PROYECTO: SEPROCAL  
GEOMECÁNICO: ING. Ruben Escalante  
DIBUJANTE CAD: E.L.R  
DISEÑO:

**MAPEO ESTRUCTURAL  
CAMARA PARA TOLVA DE CH 1757  
ORE PASS CH - 1757**

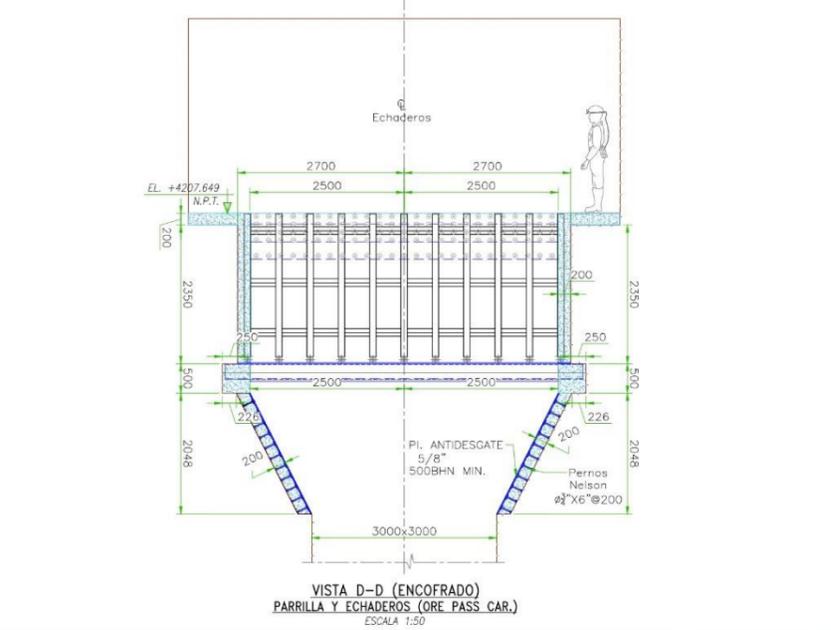
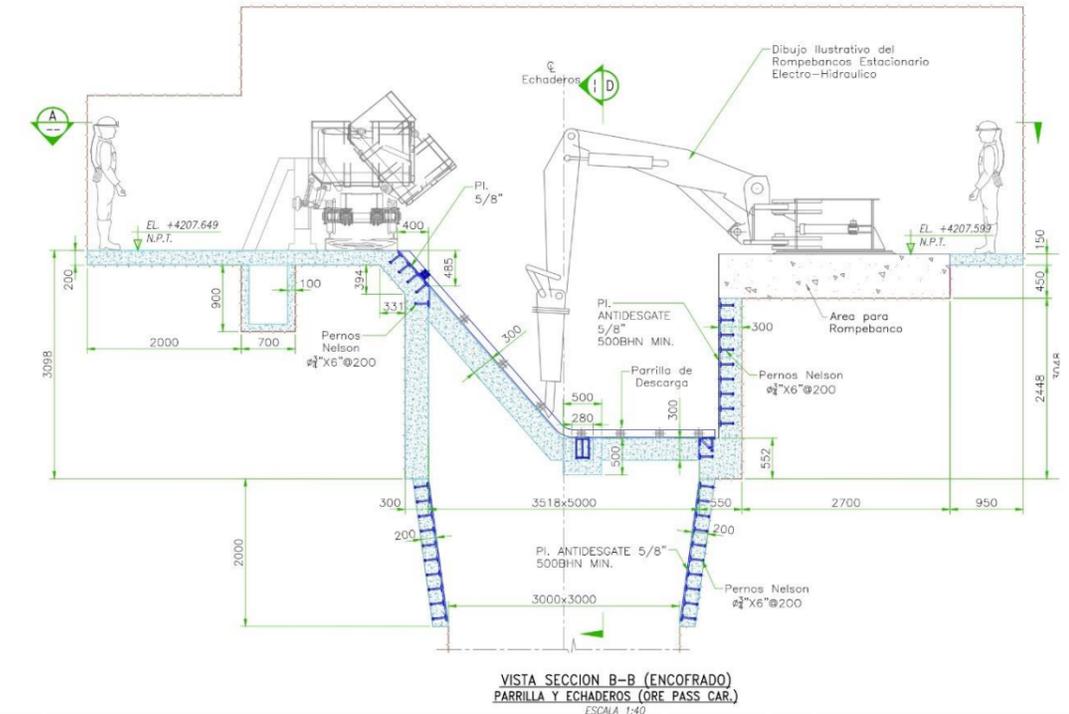
APROBADO : ING. J.FLORES

ESCALA : 1/200  
FECHA : 12/04/2019  
NIVEL :  
**920**



Longitudes Min. anclaje y traslope de barras		
FIERRO (Pulg.)	Anclaje (Cm)	Traslape (Cm)
3/8"	30	45
1/2"	35	55
5/8"	40	70
3/4"	50	90
1"	90	135

Designación	Calibre		Peso Nominal Kg/mts
	Pulg.	mm	
#3	3/8"	9.5	340
#4	1/2"	12.7	340
#5	5/8"	15.9	340
#6	3/4"	19.1	340
#7	1"	25.4	340



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
<b>CONCRETO ARMADO</b>	
- Base para parrillas y echaderos	: f'c=280Kg/cm2
<b>CEMENTO</b>	
- Cemento Portland tipo I	
- Relación Máxima de Agua/CementoMax.	0.60
- Aditivo Incorporador de aire	
<b>ACERO DE REFUERZO</b>	
- Barra de refuerzo (acero corrugado)	
ASTM A615 Fy=4200Kg/cm2	
<b>RECUBRIMIENTOS</b>	
- Parrillas y Echaderos	: 70mm
- Contacto con roca	: 50mm
- Contacto exterior	: 50mm

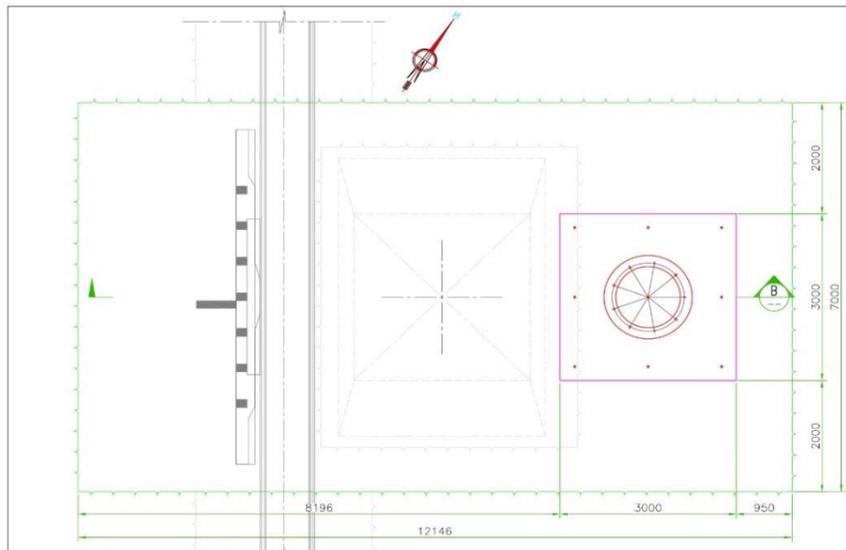
**ABREVIATURAS:**  
 N.P.T. : Nivel de piso terminado  
 N.T.C. : Nivel de tope concreto  
 N.T.R. : Nivel de tope roca  
 J.Co. : Junta de control  
 J.E. : Junta de expansión

**NOTAS:**  
 - TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MM SALVO INDIQUE LO CONTRARIO EN PLANO  
 - CONSIDERAR JUNTA DE CONSTRUCCION ENTRE LAS BASES DE PARRILLAS Y MUROS  
 - ESTE ARREGLO FUE ELABORADO EN BASE A INFORMACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

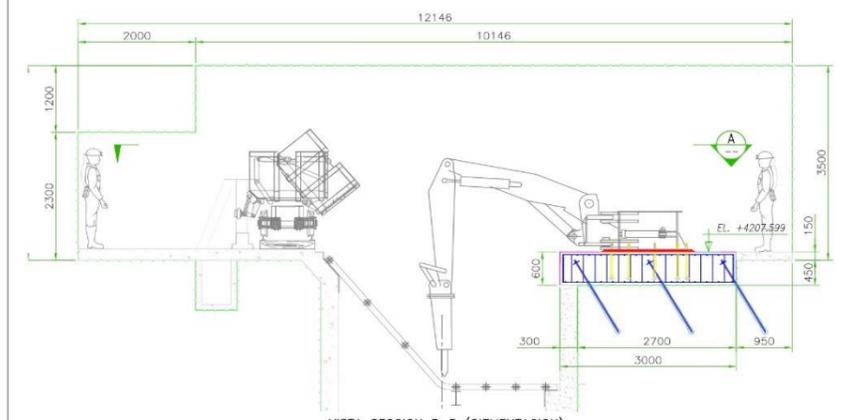
REV.	REVISIONES	FECHA	DIBAJA POR	DISÑO POR	REVISADO 1 POR	REVISADO 2 POR	APROBADO POR	NO.	DWG. NO.	PLANOS DE REFERENCIA
0	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	07/06/18	J.R.	C.M.	J.V.	H.D.	E.Z.			
B	EMITIDO PARA REVISION Y APROBACION	15/05/18	J.R.	C.M.	J.V.	H.D.	E.Z.			
A	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	15/05/18	J.R.	C.M.	J.V.	H.D.	E.Z.			

<b>INGENIERIA</b> DISEÑADO : J.R. 25/05/18 REVISADO 1 : C.M. 25/05/18 REVISADO 2 : J.V. 25/05/18 REVISADO 3 : H.D. 25/05/18 APROBADO : E.Z. 25/05/18			PROYECTO No: <b>MISOL 1803</b> DISCIPLINA: <b>CIVIL</b>		<b>VOLCAN</b> VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A. <small>INDUSTRIAS DE LA MINERIA Y METALURGIA</small>
DISEÑADO : J.R. 25/05/18 REVISADO 1 : C.M. 25/05/18 REVISADO 2 : J.V. 25/05/18 REVISADO 3 : H.D. 25/05/18 APROBADO : E.Z. 25/05/18					

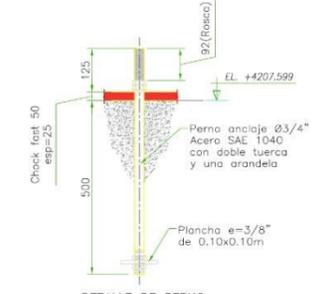
A1	ESCALA: Indicada	PLANO No: 1803-1500-DWG-03-CI-001	REV. 0
----	---------------------	--------------------------------------	--------



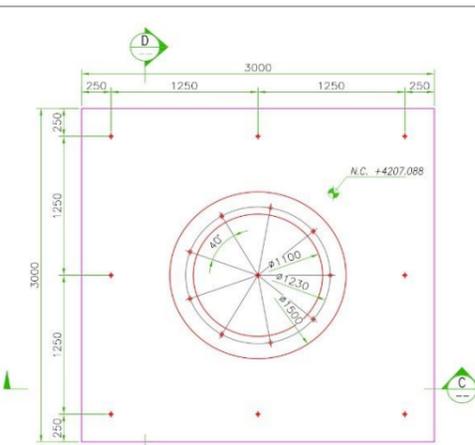
VISTA SECCION A-A (CIMENTACION)  
CAMARA CABEZA (ORE PASS CAR.)  
ESCALA 1:50



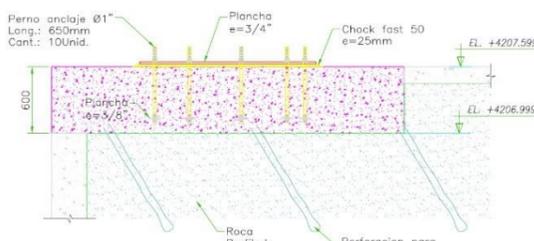
VISTA SECCION B-B (CIMENTACION)  
CAMARA CABEZA (ORE PASS CAR.)  
ESCALA 1:50



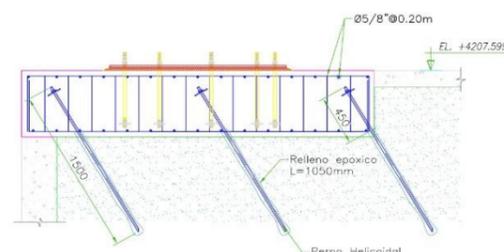
DETALLE DE PERNO  
ANCLAJE Ø1" (10Unid.)  
ESCALA 1:8



PLANTA - CIMENTACION  
ROMPEBANCOS (ORE PASS CAR.)  
ESCALA 1:25

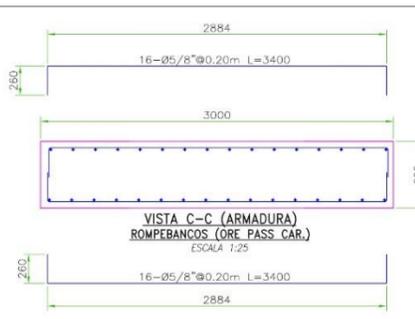


VISTA SECCION C-C (ENCOFRADO)  
ROMPEBANCOS (ORE PASS CAR.)  
ESCALA 1:25

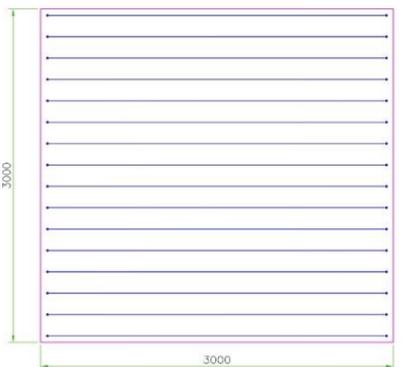


VISTA SECCION C-C (REFUERZO)  
ROMPEBANCOS (ORE PASS CAR.)  
ESCALA 1:25

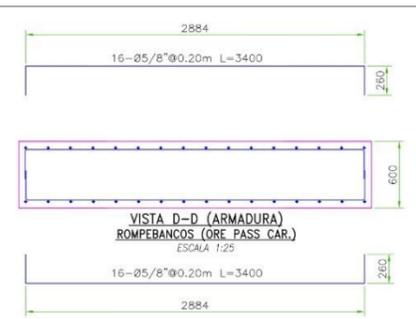
ABREVIATURAS:  
N.P.T. : Nivel de piso terminado  
N.T.C. : Nivel de tope concreto  
N.T.R. : Nivel de tope roca  
J.Ca. : Junta de control  
J.E. : Junta de expansion



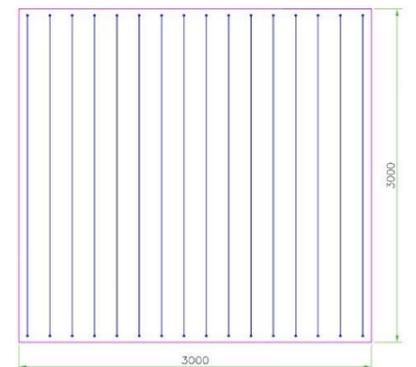
VISTA C-C (ARMADURA)  
ROMPEBANCOS (ORE PASS CAR.)  
ESCALA 1:25



PLANTA (ARMADURA)  
ROMPEBANCOS (ORE PASS CAR.)  
ESCALA 1:25



VISTA D-D (ARMADURA)  
ROMPEBANCOS (ORE PASS CAR.)  
ESCALA 1:25



PLANTA (ARMADURA)  
ROMPEBANCOS (ORE PASS CAR.)  
ESCALA 1:25

Designacion	Calibre	Peso Nominal
	Pulg. mm	Kg/mts
#3	3/8"	9.5 340
#4	1/2"	12.7 340
#5	5/8"	15.9 340
#6	3/4"	19.1 340
#7	1"	25.4 340

Ø	D	L
3/8"	2 1/4"	6"
1/8"	3"	8"
5/8"	3 3/4"	10"
3/8"	4 1/4"	12"



NOTAS:

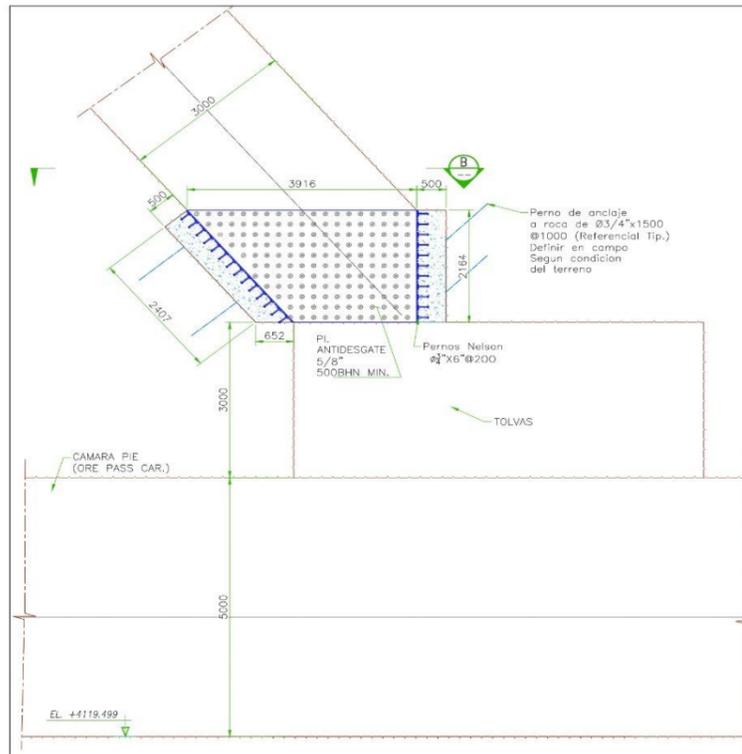
- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MM SALVO INDIQUE LO CONTRARIO EN PLANO
- CONSIDERAR JUNTA DE CONSTRUCCION ENTRE LAS BASES DE ROMPEBANCOS Y MUROS
- LA UBICACION DE LOS PERNOS DE ANCLAJE SE DEFINIRA MAS ADELANTE POR EL FABRICANTE DEL ROMPEBANCOS, POSICION REFERENCIAL
- ESTE ARREGLO FUE ELABORADO EN BASE A INFORMACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
CONCRETO ARMADO	
-Base para rompebancos	: f'c=280Kg/cm2
CEMENTO	
-Cemento Portland tipo I	
-Relación Máxima de Agua/Cemento	Max. 0.60
-Aditivo Incorporador de aire	
ACERO DE REFUERZO	
-Barra de refuerzo (acero corrugado)	
ASTM A615 Fy=4200Kg/cm2	
RECUBRIMIENTOS	
BASE PARA ROMPEBANCOS	
-Contacto con roca	: 70mm
-Contacto exterior	: 50mm

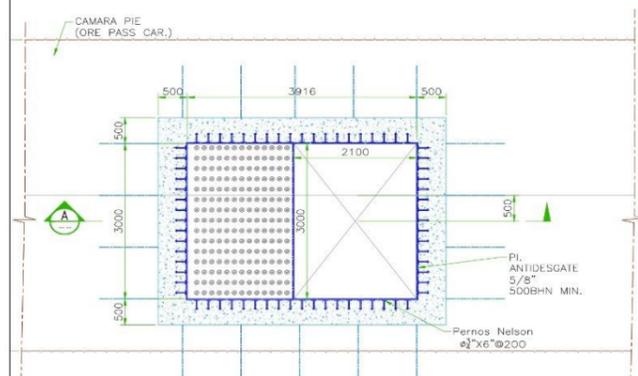
Longitudes Min. anclaje y traslape de barras		
FIERRO (Pulg.)	Anclaje (Cm)	Traslape (Cm)
3/8"	30	45
1/2"	35	55
5/8"	40	70
3/4"	50	90
1"	90	135

REV.	REVISIONES	FECHA	DISEÑO POR	DISEÑO POR	REVISADO 1 POR	REVISADO 2 POR	APROBADO POR	NO.	DWG. NO.	PLANOS DE REFERENCIA
0	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	07/05/18	J.R.	C.M.	J.V.	H.D.	E.Z.			
B	EMITIDO PARA REVISION Y APROBACION	15/05/18	J.R.	C.M.	J.V.	H.D.	E.Z.			
A	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	15/05/18	J.R.	C.M.	J.V.	H.D.	E.Z.			

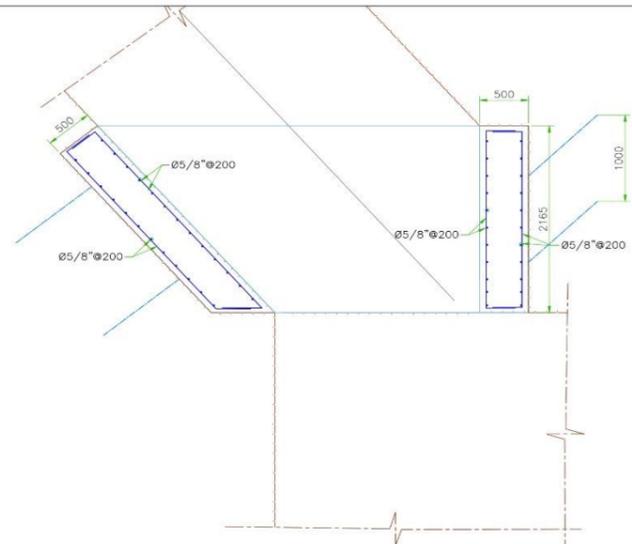
		PROYECTO No: MISOL 1803 DISCIPLINA: CIVIL	VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A. DIRECTOR DE PLANEAMIENTO Y PROYECTOS: DR. Y. VILLALBA
A1			PROYECTO ORE PASS & CHIMENEA DE VENTILACION INGENIERIA DETALLE OBRAS CIVILES - DETALLE ROMPEBANCOS - ORE PASS CAR./S.C.
APROBACION CLIENTE POR: --- FECHA: ---		ESCALA: Indicada	PLANO No: 1803-1500-DWG-03-CI-002 REV. 0



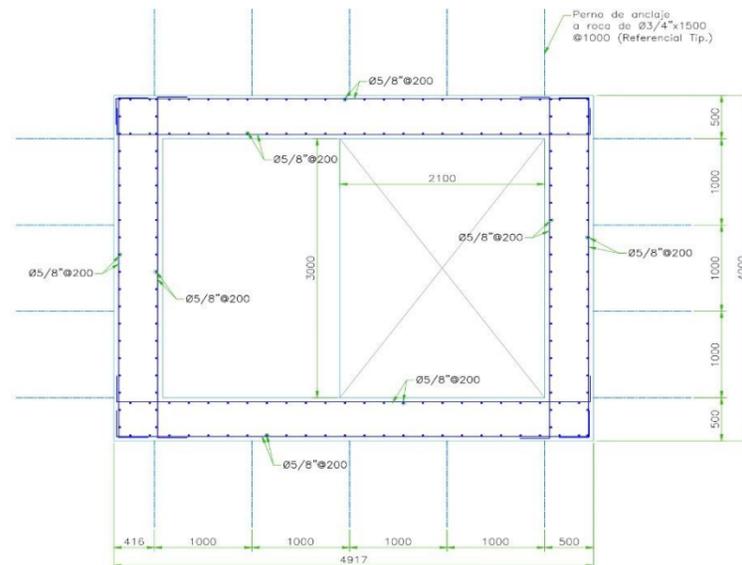
VISTA SECCION A-A (ENCOFRADO)  
COLLAR CONCRETO (ORE PASS CAR.)  
ESCALA 1:40



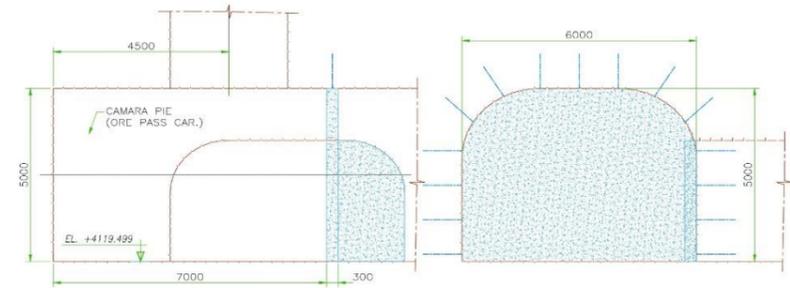
VISTA SECCION B-B (ENCOFRADO)  
COLLAR CONCRETO (ORE PASS CAR.)  
ESCALA 1:40



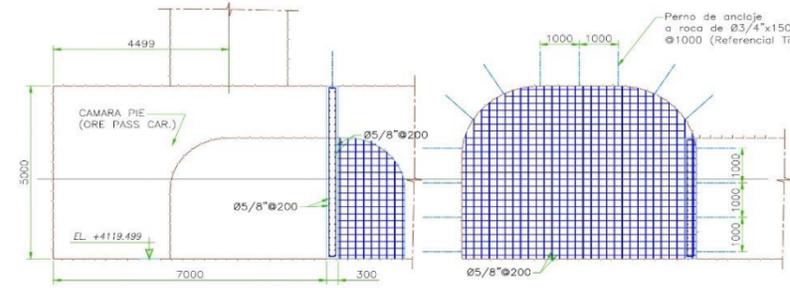
VISTA SECCION A-A (ACERO REFUERZO)  
COLLAR CONCRETO (ORE PASS CAR.)  
ESCALA 1:30



VISTA SECCION B-B (ACERO REFUERZO)  
COLLAR CONCRETO (ORE PASS CAR.)  
ESCALA 1:30



DETALLE (ENCOFRADO)  
TAPON DE SEGURIDAD (ORE PASS CAR.)  
ESCALA 1:75



DETALLE (ACERO REFUERZO)  
TAPON DE SEGURIDAD (ORE PASS CAR.)  
ESCALA 1:75

Designacion	Calibre Pulg.	mm	Peso Nominal Kg/mts
#3	3/8"	9.5	340
#4	1/2"	12.7	340
#5	5/8"	15.9	340
#6	3/4"	19.1	340
#7	1"	25.4	340

Ø	D	L
3/8"	2 1/4"	6"
1/8"	3"	8"
5/8"	3 3/4"	10"
3/8"	4 1/4"	12"



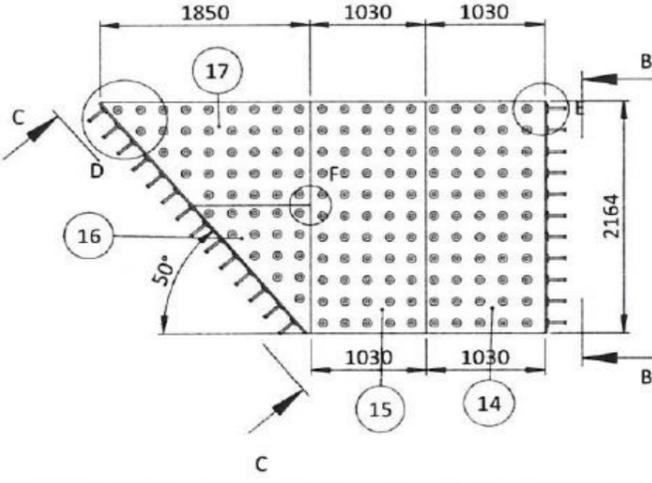
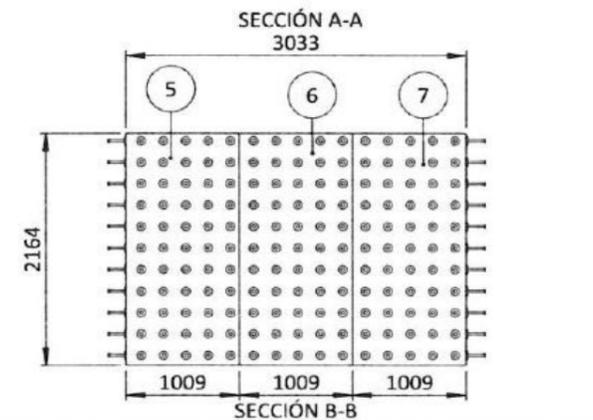
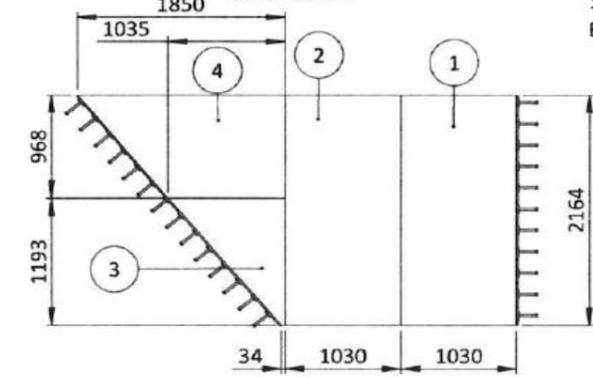
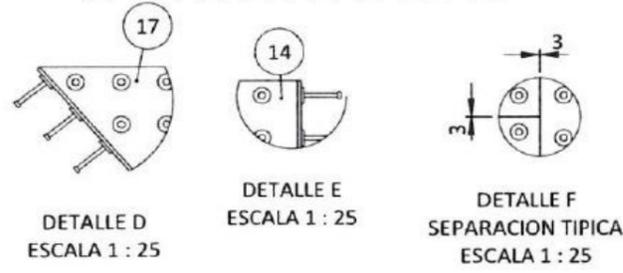
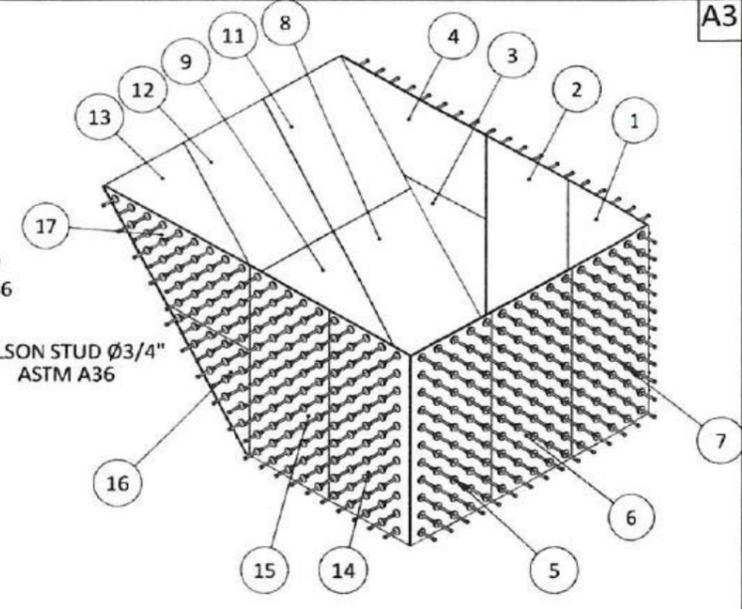
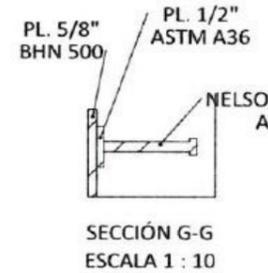
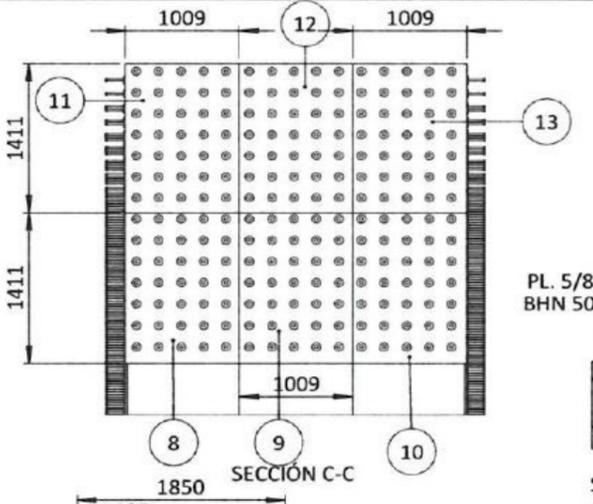
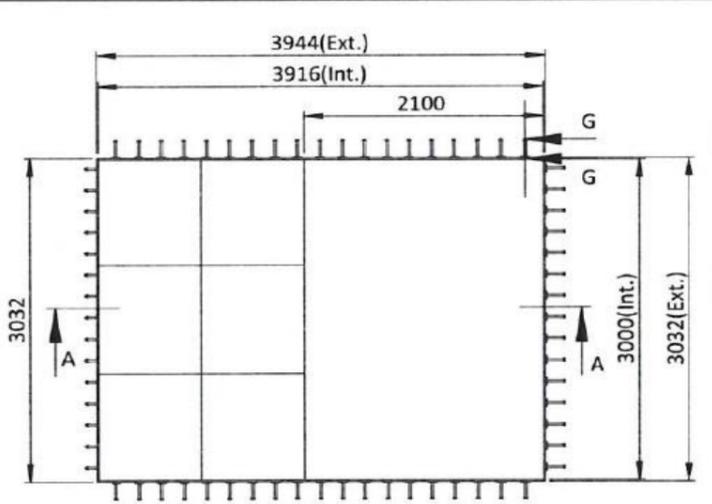
NOTAS:  
- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MM SALVO INDICAR LO CONTRARIO EN PLANO.  
- ESTE ARREGLO FUE ELABORADO EN BASE A INFORMACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE.

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
<b>CONCRETO ARMADO</b>	
- Collar de concreto	f'c=280Kg/cm <sup>2</sup>
<b>CEMENTO</b>	
- Cemento Portland tipo I	
- Relación Máxima de Agua/Cemento	Max. 0.60
- Aditivo Incorporador de aire	
<b>ACERO DE REFUERZO</b>	
- Barra de refuerzo (acero corrugado)	
- ASTM A615 Fy=4200Kg/cm <sup>2</sup>	
<b>RECUBRIMIENTOS</b>	
- COLLAR CONCRETO	: 70mm
- Contacto con roca	: 50mm
- Contacto exterior	: 50mm

Longitudes Min. anclaje y traslape de barras		
FIERRO (Pulg.)	Anclaje (Cm)	Traslape (Cm)
3/8"	30	45
1/2"	35	55
5/8"	40	70
3/4"	50	90
1"	90	135

REV.	REVISIONES	FECHA	DIBUJO POR	DISENO POR	REVISADO 1 POR	REVISADO 2 POR	APROBADO POR	NO.	DWG. NO.	PLANOS DE REFERENCIA
O	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	07/06/18	J.R.	C.M.	J.V.	H.D.	E.Z.			
B	EMITIDO PARA REVISION Y APROBACION	21/05/18	J.R.	C.M.	J.V.	H.D.	E.Z.			
A	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	21/05/18	J.R.	C.M.	J.V.	H.D.	E.Z.			

	PROYECTO NO: MISOL 1803 DISCIPLINA: CIVIL		VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A. PROYECTO ORE PASS & CHIMENEA DE VENTILACION INGENIERIA DETALLE OBRAS CIVILES - DETALLE COLLAR Y TAPON CONCRETO - ORE PASS CAR./S.C.
	A1		



NOTA:  
- PESO : 4000 Kg.

ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	PESO(kg.)
17	CI-17	PLANCHA LATERAL DER. 17	1	205.2
16	CI-16	PLANCHA LATERAL DER. 16	1	94.3
15	CI-15	PLANCHA LATERAL DER. 15	1	326.1
14	CI-14	PLANCHA LATERAL DER. 14	1	326.1
13	CI-13	PLANCHA POST. INCLINADA 13	1	208.2
12	CI-12	PLANCHA POST. INCLINADA 12	1	208.2
11	CI-11	PLANCHA POST. INCLINADA 11	1	208.2
10	CI-10	PLANCHA POST. INCLINADA 10	1	208.2
9	CI-9	PLANCHA POST. INCLINADA 9	1	208.2
8	CI-8	PLANCHA POST. INCLINADA 8	1	208.2
7	CI-7	PLANCHA POSTERIOR -7	1	320.4
6	CI-6	PLANCHA POSTERIOR -6	1	320.4
5	CI-5	PLANCHA POSTERIOR -5	1	320.4
4	CI-4	PLANCHA LATERAL IZQ. 4	1	204.9
3	CI-3	PLANCHA LATERAL IZQ. 3	1	92.7
2	CI-2	PLANCHA LATERAL IZQ. -2	1	326.1
1	CI-1	PLANTA LATERAL IZQ. -1	1	326.1

REV.	FECHA	DESCRIPCION	PRO.	DIS.	REV.	APR.	CLT.
A	26/06/19	PARA REVISION INTERNA	J.S	CMV	J.V	J.C	CMV
0	26/06/19	PARA APROBACION DEL CLIENTE	J.S	CMV	J.V	J.C	CMV
1	1/06/19	PARA FABRICACION	J.S	CMV	J.V	J.C	CMV
2	4/06/19	SE MODIFICO DETALLES DE MARCAS PARA CODIFICACION EN PIEZAS DE FABRICACION	J.S	CMV	J.V	J.C	CMV
3							
4							
5							

ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ÉSTA SON PROPIEDAD EXCLUSIVA DE BV E SEMIN SAC. SU USO SIN PREVIA AUTORIZACION ESTA TOTALMENTE PROHIBIDA. CUALQUIER MODIFICACION O ADAPTACION DE LOS DATOS EN ESTE PLANO SERA RESPONSABILIDAD EXCLUSIVA DEL USUARIO SIN NINGUNA RESPONSABILIDAD LEGAL DE BV E SEMIN SAC.

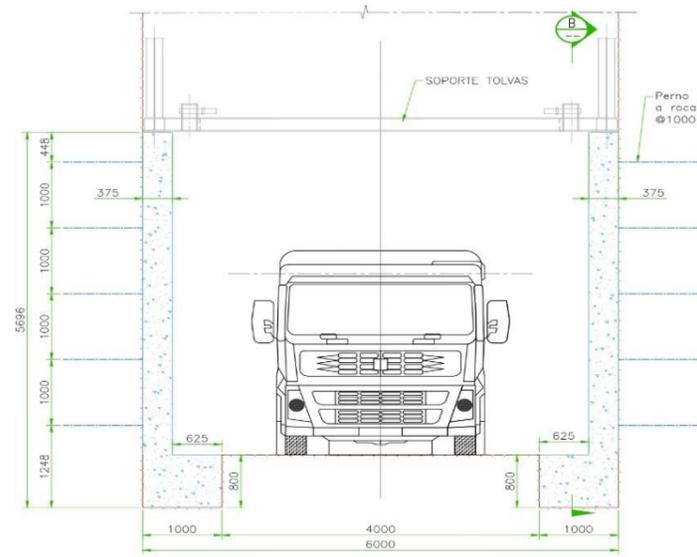
PROYECTISTA: J. SAYAN  
DISEÑO: CMV  
REVISÓ: Y. SEGUILL  
APROBÓ: J. CAYO  
CUENTE: CMV

FECHA: 26/06/19

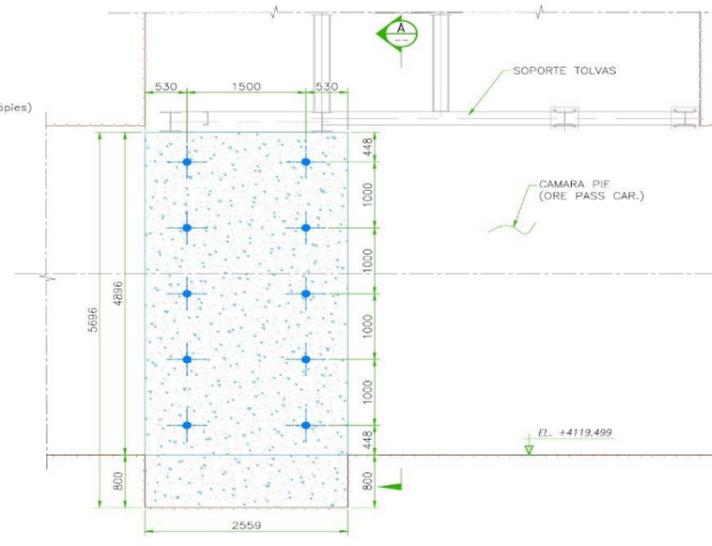
PROPIETARIO: COMPAÑIA MINERA VOLCAN  
PROYECTO: PROYECTO ORE PASS & CHIMENEA DE VENTILACION  
PLANO: COLLARIN INFERIOR - ENSAMBLE DE INSERTOS

ESCALA: INDICADA PLANO N°: 1803-1500-DWG-03-CI-003-G-1

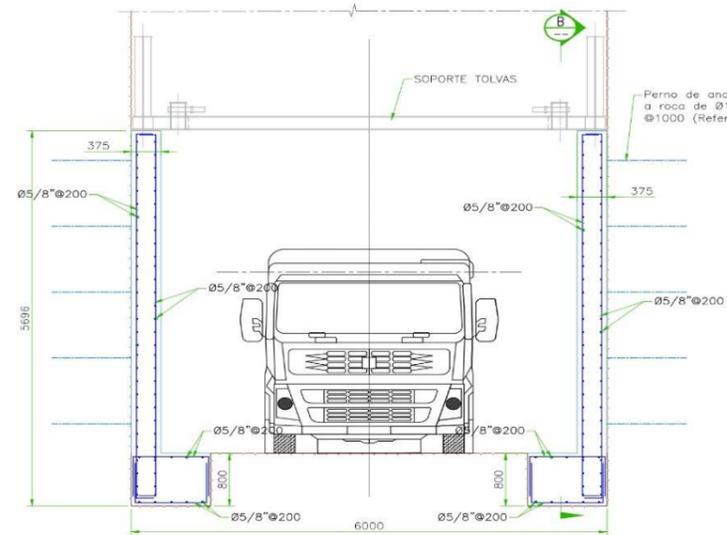
REV: 2 Hoja: 1 de 1



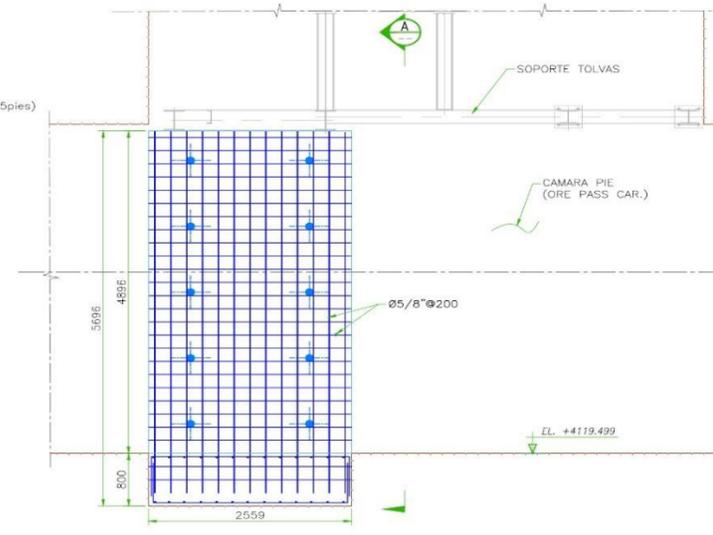
VISTA SECCION A-A (ENCOFRADO)  
MURO CONCRETO (ORE PASS CAR.)  
ESCALA 1:40



VISTA SECCION B-B (ENCOFRADO)  
MURO CONCRETO (ORE PASS CAR.)  
ESCALA 1:40



VISTA SECCION A-A (ACERO REFUERZO)  
MURO CONCRETO (ORE PASS CAR.)  
ESCALA 1:40



VISTA SECCION B-B (ACERO REFUERZO)  
MURO CONCRETO (ORE PASS CAR.)  
ESCALA 1:40

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
<b>CONCRETO ARMADO</b>	- Muro concreto : f'c=280Kg/cm <sup>2</sup>
<b>CEMENTO</b>	- Cemento Portland tipo I - Relación Máxima de Agua/CementoMax. 0.60 - Aditivo Incorporador de aire
<b>ACERO DE REFUERZO</b>	- Barra de refuerzo (acero corrugado) ASTM A615 Fy=4200Kg/cm <sup>2</sup>
<b>RECUBRIMIENTOS</b>	- Contacto con roca : 70mm - Contacto exterior : 50mm
*1A DISTRIBUCION DE PERNOS DE ANCLAJE SERA A CADA 1000mm	
*PERNOS DE ANCLAJE =Ø1\"/>	

Longitudes Min. anclaje y traslape de barras		
FIERRO (Pulg.)	Anclaje (Cm)	Traslape (Cm)
3/8"	30	45
1/2"	35	55
5/8"	40	70
3/4"	50	90
1"	90	135

Designacion	Calibre Pulg.	Calibre mm	Peso Nominal Kg/mts
#3	3/8"	9.5	340
#4	1/2"	12.7	340
#5	5/8"	15.9	340
#6	3/4"	19.1	340
#7	1"	25.4	340

Ø	D	L
3/8"	2 1/4"	6"
1/8"	3"	8"
5/8"	3 3/4"	10"
3/8"	4 1/4"	12"



**NOTAS:**  
- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MM SALVO INDIQUE LO CONTRARIO EN PLANO  
- ESTE ARRREGLO FUE ELABORADO EN BASE A INFORMACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

REV.	REVISIONES	FECHA	DIBUJO POR	DISEÑO POR	REVISADO 1 POR	REVISADO 2 POR	APROBADO POR	NO.	DWG. NO.	PLANOS DE REFERENCIA	INGENIERIA	PROYECTO No:	DISCIPLINA:	PLANO No:	REV. 0
0	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	07/06/18	J.R.	C.M.	J.V.	H.D.	E.Z.				DIBUJADO : J.R. 25/05/18 DISEÑADO : C.M. 25/05/18 REVISADO 1 : J.V. 25/05/18 REVISADO 2 : H.D. 25/05/18 REVISADO 3 : E.Z. 25/05/18 APROBADO : [Signature]	MISOL 1803	CIVIL	1803-1500-DWG-03-CI-004	0
B	EMITIDO PARA REVISION Y APROBACION	25/05/18	J.R.	C.M.	J.V.	H.D.	E.Z.								
A	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	25/05/18	J.R.	C.M.	J.V.	H.D.	E.Z.								



A1

APROBACION CLIENTE: [Signature]

ESCALA: Indicada

VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.

PROYECTO ORE PASS & CHIMENEA DE VENTILACION

INGENIERIA DETALLE

OBRAS CIVILES - DETALLE

MURO CONCRETO - ORE PASS CAR./S.C.

