

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

---

**Análisis de la productividad para la fractura de roca con cemento expansivo y  
speed breaker en Pachacamac, Lima**

---

**Línea de investigación: Ingeniería de la construcción, Ingeniería urbana,  
Ingeniería estructural**

**Sub línea de investigación: Gestión de proyectos de construcción**

**Autores:**

Carnaque Obando, Paolo Enrique  
Yamunaque Chamba, Eldir Anthony

**Jurado Evaluador:**

**Presidente** : Gálvez Paredes, José Alcides  
**Secretario** : Henríquez Ulloa, Juan Paul Edward  
**Vocal** : Farfán Córdova, Marlon Gastón

**Asesor:**

Hurtado Zamora, Oswaldo  
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2612-3298>

**Trujillo – Perú**

**2024**

**Fecha de Sustentación: 2024/ 07 / 05**



**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

---

**Análisis de la productividad para la fractura de roca con cemento expansivo y  
speed breaker en Pachacamac, Lima**

---

**Línea de investigación: Ingeniería de la construcción, Ingeniería urbana,  
Ingeniería estructural**

**Sub línea de investigación: Gestión de proyectos de construcción**

**Autores:**

**Carnaque Obando, Paolo Enrique  
Yamunaque Chamba, Eldir Anthony**

**Jurado Evaluador:**

**Presidente : Gálvez Paredes, José Alcides  
Secretario : Henríquez Ulloa, Juan Paul Edward  
Vocal : Farfán Córdova, Marlon Gastón**

**Asesor:**

**Hurtado Zamora, Oswaldo  
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2612-3298>**

**Trujillo – Perú**

**2024**

**Fecha de Sustentación: 2024/ 07 / 05**

# Análisis de la productividad para la fractura de roca con cemento expansivo y speed breaker en Pachacamac, Lima

## INFORME DE ORIGINALIDAD


<b>9%</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>10%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>0%</b> PUBLICACIONES	<b>7%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.usil.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>tesis.pucp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola</b> Trabajo del estudiante	<b>2%</b>

Excluir citas      Activo  
Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias < 2%

  
Dr. Ing. Oswaldo Hurtado Zamora  
ID 000030402

## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **Oswaldo Hurtado Zamora**, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada “**Análisis de la productividad para la fractura de roca con cemento expansivo y speed breaker en Pachacamac, Lima**”, de los autores **Carnaque Obando, Paolo Enrique** y **Yamunaque Chamba, Eldir Anthony**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud 9%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 06 de Junio del 2024.
- He revisado con detalle dicho reporte de tesis, “Análisis de la productividad para la fractura de roca con cemento expansivo y speed breaker en Pachacamac, Lima” y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Ciudad y fecha: Trujillo, 06 de junio del 2024



Br. Carnaque Obando, Paolo Enrique

DNI: 71590083



Br. Yamunaque Chamba, Eldir Anthony

DNI: 73586804



Dr. Ing. Hurtado Zamora, Oswaldo

DNI: 18074977

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2612-3298>

## **DEDICATORIA**

A Dios, por permitirme mejorar cada día, y así poder superar las metas propuestas hacia mi persona.

A mis padres Mario Carnaqué y Belissa Obando, por darme el apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por motivarme a ser una mejor persona y un excelente profesional.

A mi abuela Aurita, por motivarme cada día, aconsejarme y guiarme en cada proceso de mi vida.

A mi tío el Ing. Jooler Obando, mi mentor personal y laboral.

A mi compañero de tesis, por brindarme su confianza, amistad y apoyo el cual fue indispensable para lograr este objetivo tan importante en nuestras vidas y carreras profesionales.

**Br. Carnaque Obando, Paolo Enrique**

## DEDICATORIA

A Dios, por guiarme en este camino académico, su luz ha iluminado mis pasos en los momentos más desafiantes.

A mi querida madre, fuente inagotable de sacrificio, amor y entrega, dedico este logro con profunda gratitud. Tus palabras de aliento y tu constante motivación han sido mi faro en los momentos más oscuros. Siempre creíste que todo es posible, y esa fe inquebrantable me impulsó a seguir adelante.

A mis queridos hermanos, quienes han sido mi apoyo incondicional a lo largo de este camino. Su cariño y amor han sido mi fortaleza en los momentos más difíciles.

Al Ing. Jooler Obando, por brindarme su constante apoyo, confianza y la oportunidad de crecer y aprender. Sus enseñanzas han sido un faro en mi camino, guiándome hacia la excelencia y motivándome a superar obstáculos y a dar lo mejor de mí.

A mi mejor amigo Héctor, compañero de aventuras y confidente en esta travesía universitaria, juntos compartimos no solo las aulas y los libros, sino también risas, desafíos y momentos inolvidables. Nos cuidamos mutuamente, nos apoyamos en los momentos difíciles y celebramos cada logro.

A mi compañero de tesis, por su compromiso y apoyo para lograr este objetivo tan importante en nuestras vidas y carreras profesionales.

**Br. Yamunaque Chamba, Eldir Anthony**

## **AGRADECIMIENTO**

Al Ing. Hurtado Zamora Oswaldo, nuestro asesor quien nos guio durante todo este proceso.

A mis padres, por enseñarme a superarme como persona, por su paciencia, apoyo y comprensión a lo largo de este proceso.

A mis docentes, quienes me enseñaron de manera impecable las diferentes ramas con las que cuenta esta hermosa profesión.

A todos aquellos que nos apoyaron en el desarrollo de nuestra tesis.

**Br. Carnaque Obando, Paolo Enrique**



## **AGRADECIMIENTO**

Al Ing. Hurtado Zamora Oswaldo, nuestro asesor, quien ha sido nuestra guía en todo este proceso. Sus consejos y conocimientos han si fundamentales para el éxito de esta tesis.

A mi madre y hermanos, por creer en mí, ser mi soporte emocional y el motor y motivo lo largo de este proceso.

A mis docentes, quienes nos compartieron conocimiento y valores, vuestra influencia con su guía y motivación nos ayudaron a ser mejores profesionales.

A todos aquellos que nos apoyaron en el desarrollo de nuestra tesis.

**Br. Yamunaque Chamba, Eldir Anthony**

## RESUMEN

La presente tesis trata sobre el análisis de la productividad para la fractura de roca con cemento expansivo y speed breaker; proponiendo estos métodos se identificará la eficiencia en su procedimiento de ejecución. La metodología de nuestra investigación es aplicada y descriptiva, donde se describió y analizó la productividad en base a su costo, cronograma y riesgo; esto gracias a mecanismos de gestión considerados en el PMBOK (6ta edición) y desarrollando la metodología BIM en 4D. Se realizó el modelamiento del talud usando softwares BIM, obteniendo datos necesarios para la elaboración del presupuesto. Posteriormente, desarrollamos la proyección de tiempo según el BIM en 4D, para ambos métodos de fractura de roca. Finalmente, se gestionó e identificaron los riesgos por método. Como resultado obtuvimos que, para el uso de speed breaker será necesario la habilitación de seis plataformas, que serán divididas en cuatro secciones. Para lo cual, se proyectó un total de 138 días para su ejecución, con una inversión de S/2,867,154.92 y con un riesgo promedio de 25.5%, haciendo referencia a un riesgo de incidencia media. Por otro lado, para el cemento expansivo en la fractura de roca, hay un total de 204 días para su ejecución, con una inversión de S/4,082,717.29, del cual también se obtuvo un riesgo promedio de 28%, haciendo referencia a un riesgo de incidencia media. Por último, concluiremos que, el speed breaker es la opción más rentable en base a su costo, cronograma y tiempo, demostrando su eficiencia para nuestro proyecto.

**Palabras Clave:** BIM (Building Information Modeling), Speed Breaker (Cápsula fragmentadora de roca) y fractura de roca.

## ABSTRACT

The present thesis deals with the analysis of productivity for rock fracturing with expansive cement and speed breaker; proposing these methods will identify the efficiency in its execution procedure. The methodology of our research is applied and descriptive, where the productivity was described and analyzed based on its cost, schedule and risk; this thanks to management mechanisms considered in the PMBOK (6th edition) and developing the BIM methodology in 4D. The slope modeling was carried out using BIM software, obtaining the necessary data for the preparation of the budget. Subsequently, we developed the time projection according to 4D BIM, for both methods of rock fracturing. Finally, we managed and identified the risks by method. As a result, we obtained that, for the use of speed breaker it will be necessary to enable six platforms, which will be divided into four sections. For which, a total of 138 days were projected for its execution, with an investment of S/2,867,154.92 and with an average risk of 25.5%, referring to a medium incidence risk. On the other hand, for the expansive cement in the rock fracture, there is a total of 204 days for its execution, with an investment of S/4,082,717.29, of which an average risk of 28% was also obtained, referring to a medium incidence risk. Finally, we will conclude that the speed breaker is the most cost-effective option based on its cost, schedule and time, demonstrating its efficiency for our project.

**Keywords:** BIM (Building Information Modeling), Speed Breaker (Rock Fragmented Capsule), rock fracture.

## INDICE

DEDICATORIA.....	iv
DIDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
INDICE .....	x
INDICE DE TABLAS .....	xii
INDICE DE FIGURAS .....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Problema de Investigación .....	1
1.2. Formulación del Problema.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.4. Justificación .....	3
II. MARCO DE REFERENCIA.....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Marco Teórico.....	6
2.3. Marco Conceptual .....	25
2.4. Sistema de Hipótesis, Variables e Indicadores.....	27
III. METODOLIGÍA EMPLEADA.....	29
3.1. Tipo y Nivel de Investigación .....	29
3.2. Población y Muestra de estudios.....	29
3.3 Diseño de investigación.....	30
3.4 Técnicas e Instrumentos de investigación .....	30
3.5. Procesamiento y análisis de Datos.....	32

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	33
4.1 Propuesta de investigación.....	33
4.2 Análisis e interpretación de resultados .....	33
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	69
CONCLUSIONES .....	71
RECOMENDACIONES .....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73
ANEXOS .....	77

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Clasificación de rocas por su origen.</i> .....	8
<b>Tabla 2</b> <i>Clasificación de dureza en rocas.</i> .....	10
<b>Tabla 3</b> <i>Ejecución y distancia de taladros.</i> .....	14
<b>Tabla 4</b> <i>Temperatura del agua.</i> .....	14
<b>Tabla 5</b> <i>Niveles de Riesgo.</i> .....	24
<b>Tabla 6.</b> <i>Operacionalización de variables.</i> .....	28
<b>Tabla 7</b> <i>Coordenadas de longitud de talud.</i> .....	34
<b>Tabla 8</b> <i>Recorrido al área de estudio.</i> .....	35
<b>Tabla 9</b> <i>Cuadro comparativo del cemento expansivo y speed breaker.</i> .....	37
<b>Tabla 10</b> <i>Metrado de corte de talud por plataformas.</i> .....	41
<b>Tabla 11</b> <i>Metrado de corte de talud por plataformas.</i> .....	42
<b>Tabla 12</b> <i>Gestión de costos</i> .....	42
<b>Tabla 13</b> <b>Resumen</b> <i>de Presupuesto Speed Breaker.</i> .....	44
<b>Tabla 14</b> <b>Resumen</b> <i>de Presupuesto Cemento Expansivo.</i> .....	45
<b>Tabla 15</b> <i>resumen de obra (Speed Breaker)</i> .....	47
<b>Tabla 16</b> <i>Cronograma resumen de obra (Cemento Expansivo).</i> .....	48
<b>Tabla 17</b> <i>Gestión del Cronograma</i> .....	49
<b>Tabla 18</b> <i>Clasificación de riesgos</i> .....	50
<b>Tabla 19</b> <i>Lista de Riesgos</i> .....	52
<b>Tabla 20</b> <i>Lista de Riesgos</i> .....	54
<b>Tabla 21</b> <i>Matriz de Riesgos</i> .....	56
<b>Tabla 22</b> <i>Resultado de encuestas</i> .....	57
<b>Tabla 23</b> <i>Resultado de encuestas</i> .....	59
<b>Tabla 24</b> <i>R Riesgos identificados con incidencia media – alta</i> .....	61
<b>Tabla 25</b> <i>Plan de respuestas de riesgos.</i> .....	62
<b>Tabla 26</b> <i>Riesgos identificados con incidencia media – alta.</i> .....	64
<b>Tabla 27</b> <i>Plan de respuestas de riesgos.</i> .....	65
<b>Tabla 28</b> <i>Incidencia del riesgo de propuestas.</i> .....	66
<b>Tabla 29</b> <i>Cuadro comparativo.</i> .....	67

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Etapas de fragmentación de rocas por voladuras</i> .....	9
<b>Figura 2</b> <i>Cemento Expansivo</i> .....	12
<b>Figura 3</b> <i>Fuerza Expansiva vs tiempo</i> .....	15
<b>Figura 4.</b> <i>Dispositivo para fragmentación de Roca (Speed Breaker)</i> .....	17
<b>Figura 5</b> <i>BIM 4D</i> .....	20
<b>Figura 6</b> <i>Mapa descriptivo de Gestión de Proyecto</i> .....	22
<b>Figura 7</b> <i>Flujograma de la investigación</i> .....	31
<b>Figura 8</b> <i>Acceso al área de estudio desde Google Maps</i> .....	34
<b>Figura 9</b> <i>Temperatura de Pachacamac</i> .....	35
<b>Figura 10</b> <i>Presentación del lugar de estudio</i> .....	36
<b>Figura 11</b> <i>Modelado del Talud</i> .....	39
<b>Figura 12</b> <i>Sectorización del talud</i> .....	39
<b>Figura 13</b> <i>Vista sectorizada con división de plataformas con Speed Breaker</i> ..	40
<b>Figura 14</b> <i>Vista sectorizada con división de plataformas en 3D</i> .....	40
<b>Figura 15</b> <i>Gráfico comparativo – Gestión de costos</i> .....	43
<b>Figura 16</b> <i>Gráfico comparativo Gestión de Cronograma</i> .....	49
<b>Figura 17</b> <i>Porcentaje de riesgos de las propuestas</i> .....	66
<b>Figura 18</b> <i>Gráfico representativo del costo – tiempo</i> .....	68

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Problema de Investigación

En el mundo se vienen gestionando proyectos de Habilitación Urbana, para poder cubrir la necesidad de hábitat del hombre, buscando un lugar ordenado y seguro. Muchos de estos proyectos se adaptan a una topografía accidentada y en algunos casos es necesario la estabilización de taludes colindantes a los proyectos. Las empresas del rubro inmobiliario innovan soluciones prácticas, rentables y sobre todo de bajo riesgo para la culminación de sus proyectos, de manera colaborativa con empresas del rubro de la construcción que puedan satisfacer las demandas que los proyectos requieran. Según Statista Research Department (2024) América Latina es una región altamente urbanizada, donde existen aproximadamente 420 millones de habitantes.

De acuerdo a lo indicado por Pérez A. (2023), señala la ausencia de la planificación urbana junto con un estudio topográfico en el rubro de la construcción en el Perú; en donde estos problemas afectan no solo las edificaciones sino también sus habitantes. Esta problemática viene ocurriendo desde la época virreinal con desbordes de ríos extendiéndose hasta tiempos contemporáneos con incremento en damnificados por un crecimiento demográfico acelerado y un deficiente o nulo estudio de suelos.

En el Perú, la empresa Menorca Inversiones S.A.C., cuenta con proyectos inmobiliarios de renta y venta en diferentes ciudades del país y trabajan también con los expertos relacionados al mercado. La empresa Menorca Inversiones, tiene más de 25 años de experiencia desarrollando Habilitaciones Urbanas con miras a una expansión descentralizada en sus proyectos.

En el distrito de Pachacamac, se encuentra el proyecto inmobiliario “San Antonio de Pachacamac”, de venta de lotes de terreno, el cual ya se habilitaron más de 10 etapas que incluyen zonas de parques y deportivas. Actualmente los lotes construidos ya fueron entregados a sus propietarios, y algunos de ellos han construido sus viviendas e incluso actualmente habitan en dicho inmueble.

Como parte de la gestión de riesgos de desastres que se desarrollan en sus proyectos inmobiliarios, se realizó un estudio de evaluación de las condiciones de



estabilidad de talud en la manzana H5 etapa V, con la finalidad de brindar adecuadas condiciones de seguridad al proyecto. Dicho estudio recomienda, como medidas para la reducción de desastres por caídas de rocas, realizar un corte de talud conformada por roca tipo tonalita y diorita de fracturada a semifracturada.

Sin embargo, debido a que el talud se encuentra adyacente a viviendas existentes, se tendría que recurrir al uso de técnicas que no incluyan voladuras de gran impacto, por las restricciones existentes. En su mayoría el instrumento de corte de talud en áreas rocosas tiene como incidencia el uso de explosivos para la fragmentación de rocas, lo cual pondría en riesgo la zona urbana por la dispersión de sus partículas y no contempla una alternativa de solución para el propietario del proyecto inmobiliario San Antonio de Pachacamac. Bajo el estudio geotécnico desarrollado en la zona de corte, se plantea dos métodos para la fracturación de la roca y eliminación de material, teniendo como primera propuesta el uso de cemento Expansivo y como segunda propuesta innovadora el uso de un producto pirotécnico para la fragmentación de roca llamado "speed breaker", relacionada a la fragmentación de rocas en menor escala en la dispersión de partículas de rocas.

Es por ello que en la presente investigación se tiene como objetivo principal realizar el análisis comparativo de costos, cronogramas y riesgos de cemento expansivo y speed breaker para la fractura de roca en Pachacamac, Lima, donde la empresa Almasa S.R.L. especialista en movimiento de tierras, busca desarrollar un análisis para la rentabilidad del corte de talud, bajo estos dos métodos de trabajos mencionados, evaluando su productividad para la ejecución del mismo.

## **1.2. Formulación del Problema**

¿Cómo será el análisis de la productividad entre el cemento expansivo y speed breaker para fractura de roca en Pachacamac, Lima?

## **1.3 Objetivos**

### **Objetivo General**

Realizar el análisis de la productividad entre el cemento expansivo y speed breaker para la fractura de roca en Pachacamac, Lima

## **Objetivos Específicos**

- Evaluación de especificaciones y fichas técnicas del uso de cemento expansivo y speed breaker.
- Modelar la fractura de roca usando la metodología BIM, para la cuantificación de metrados.
- Elaborar el costo, cronograma y plan de riesgos para el proyecto de fractura de roca usando cemento expansivo aplicando la metodología BIM.
- Elaborar el costo, cronograma y plan de riesgos para el proyecto de fractura de roca usando speed breaker usando la metodología BIM.
- Realizar un análisis comparativo entre el costo, el cronograma y el riesgo del cemento expansivo y del speed breaker.

### **1.4. Justificación**

Se justifica académicamente, ya que se deberá aplicar los conocimientos adquiridos en la universidad y en el ámbito laboral, para elaborar el contenido presente en el siguiente estudio.

Se justifica socialmente, ya que, con el desarrollo y la presentación de resultados obtenidos en el estudio, se procederá a tomar una decisión que beneficiará a los habitantes de la Habilitación Urbana.

Se justifica ambientalmente, ya que de esta forma se podrán verificar nuevas tecnologías que permitirán un trabajo menos invasivo y más controlado de la voladura de rocas, que además no repercutirá de forma agresiva en el terreno existente.

## II. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1. Antecedentes

#### **Antecedentes Internacionales**

Iñiguez (2020) en su trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero de Minas titulado: “Velocidad de Corte en Rocas y su relación con la Resistencia a la Compresión Simple” tiene como fin reducir el gasto de los proyectos mineros debido al alto costo de las pruebas para determinar la resistencia a la compresión simple o uniaxial. Se concluyó que a través de esta investigación se propone una alternativa de beneficio para trabajos relacionados a la minería y obras civil, el cual aporta al valor de una de las propiedades más importantes de las rocas, la “Resistencia a la Compresión Simple”. La principal contribución de la siguiente tesis es el desarrollo de una ecuación para estimar la velocidad de corte de rocas.

Rojas (2021) en su Informe de Memoria de Título titulado: “Estimación de la fragmentación producto de la tronadura de rocas en minería a cielo abierto utilizando modelos predictivos y algoritmos de regresión” tiene como objetivo analizar la estructura de los procesos de gestión de la fragmentación de la industria. Concluye que el uso de modelos predictivos generados con ML presenta diversas ventajas, debido a que los datos existentes y disponibles en la mina pueden ser utilizados para entrenar el algoritmo. Esto le otorga versatilidad a su aplicación, lo que no excluye que, con más información, o información más representativa, será posible entrenar modelos que proporcionen predicciones más precisas. El principal aporte de la siguiente tesis es el análisis de métodos estadísticos y predictivos para el control de la voladura de rocas.

#### **Antecedentes Nacionales:**

Geldres. (2021) en su tesis para optar el grado de Título en Ingeniería Civil titulada “Implementación y validación del cemento expansivo para la demolición de pavimentos rígidos, caso Avenida 9 de diciembre, Coracora, Ayacucho 2021” de la Universidad César Vallejo, tuvo como principal objetivo el implementar métodos no destructivos para la demolición de elementos de concreto sin alterar su entorno. Se concluye que debe optimizar los plazos de costo de la subpartida, implementando

alternativas a la demolición físico-química. De manera planificada, se puede reducir la duración de cada proceso que constituye la demolición de pavimentos rígidos. La principal contribución de la tesis es minimizar el costo de la demolición al usar cemento expansivo.

Beraun, (2019) en su tesis para optar el grado de Título en Ingeniería Civil titulada “Análisis comparativo y evaluación técnica económica de los explosivos Heavy Anfo y Emulsión Fortis Advantage 100 gasificada para la fragmentación en el tajo norte del nivel 4336-Sociedad Minera El Brocal Colquijirca 2018” de la Universidad Continental – Huancayo, su objetivo principal fue analizar los resultados de una evaluación técnico-económica de los explosivos Heavy Anfo y las emulsiones gasificadas Fortis Advantage 100, para determinar un análisis comparativo de fragmentación, costo, seguridad y medio ambiente para el mineral del tajo norte del nivel 4336 en la sociedad minera El Brocal Colquijirca 2018. Se concluyó que, para los 03 primeros disparos de las 5 pruebas analizadas, fueron enfocados en el ahorro de explosivos, dando como resultado un ahorro total de \$1.874 para un total de 387 taladros cargados con un total de 33323 kg de fortis advantage, siendo un ahorro en promedio de \$4.64, por taladro. El principal aporte de la siguiente tesis es el análisis de costos y resultados obtenidos de la aplicación de los explosivos HeavyAnfo y emulsión Fortis Advantage.

Solier y Vento (2021) en su tesis para optar el grado de título de Ingeniero Civil titulado “Propuesta de plan gestión de riesgos para la ejecución del sistema de estabilización de soil nailing y muro de contención en el acantilado de la costa verde - Miraflores” de la Universidad San Ignacio de Loyola, Lima – Perú, tuvo como principal objetivo determinar el método para prevenir la reducción del nivel de confianza en el presupuesto y plazo en la ejecución de los sistemas de estabilización Soil Nailing y muro de contención en voladizo en el acantilado de la costa verde de Miraflores. Se concluyó que para prevenir la reducción en el presupuesto y plazo se necesita un plan de gestión de riesgos. Por lo que para el sistema de Soil Nailing se propuso 9 planes de respuesta a riesgos de alta prioridad y 6 planes de respuesta para la estabilización de muros de contención. El principal aporte de la tesis fue identificar y priorizar el impacto en ambos métodos para persuadirlos de acuerdo al análisis de riesgos empleado.

Gonzales y Vilca (2023) en su tesis para optar el frado de Título de Ingeniería Civil titulada “Optimización de la fragmentación en las rocas con la aplicación de cápsulas plasma en el Tajo Sana Rosa de la Empresa Administradora Cerro S.A.C. Cerro de Pasco” de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, tuvo como objetivo principal mejorar la fragmentación de rocas con el uso de plasma y cambio en los parámetros de diseño de la malla de perforación de la zona de Machu Picchu del tajo Santa Rosa de la empresa administradora cerro S.A.C. Se concluyó que el plasma empleado no es un producto explosivo el cual ha garantizado una fragmentación controlada. El aporte principal de la tesis es implementar nuevas metodologías en base a fragmentación de rocas masivas con la intención de reducir tiempo y costo en base a lo convencional.

Robles y Cajaleon (2022) en sus tesis para optar el grado de Titulo de Ingeniería Civil titulada “Utilización de un Agente Demoledor Sustituido En Un 20% con Vidrio Molido, para la Fracturación de Rocas en la zona de Jancao Alto - La Esperanza-Huanuco-2021” de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan – Huánuco, tuvo como objetivo principal evaluar el impacto de la sustitución del 20% de los agentes demoledores por vidrio molido para el fracturamiento de rocas en la zona de Jancao Alto - La Esperanza -Huánuco 2021. Se concluyó que cuando se utilizan agentes demoledores (cemento expansivo) en lugar de vidrio molido al 20%; tendrá mayor ventaja para la población beneficiaria; ya que se obtendrá mayor separación en la fractura, reduciendo los costos, logrando mejor desempeño, no tóxico, ni contaminante, por lo que es fácil de usar y práctico de operar. El principal aporte de la tesis, es el estudio de la adición de vidrio molido al cemento expansivo como agente de demolición.

## **2.2. Marco Teórico**

### **Aspectos Geológicos y Geotécnicos de las rocas.**

Como referencia se presenta una descripción de los tres principales grupos o familias de rocas, clasificadas según su origen y propiedades: rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

**Rocas Ígneas.** Las rocas ígneas tienen su origen en el magma ígneo, una masa de roca fundida compuesta principalmente de silicatos, gases y vapor de

agua, que se encuentra en la zona más externa del manto terrestre y en la parte inferior de la corteza terrestre. Estas rocas, por lo general, son densas, resistentes y sólidas, pero son susceptibles a la descomposición causada por el intemperismo y otros procesos de alteración. Con el tiempo, estas rocas pueden transformarse en arcilla, caolín, sílice y otros detritos debido a la acción de estos procesos. Durante su proceso de enfriamiento, las rocas ígneas pueden generar sistemas de fisuras de contracción, como disyunciones, que a menudo exhiben características típicas para cada tipo de roca, como formas cúbicas, columnares, tubulares, entre otras. Estas características pueden influir directamente en los resultados de la fragmentación y en la formación de bolonería.

**Rocas Sedimentarias.** Las rocas sedimentarias se originan a partir de la desintegración de rocas preexistentes, donde los fragmentos resultantes son transportados, depositados y compactados en amplias cuencas marinas a lo largo de periodos extensos. Asimismo, pueden formarse por la descomposición y acumulación de materia orgánica, así como por la precipitación química y la sedimentación de soluciones minerales.

Estas rocas sedimentarias se caracterizan por la ausencia de cristales, presentando en su lugar fragmentos irregulares o granos redondeados de diversos tamaños y distribución.

**Rocas Metamórficas.** Se forman a partir de la transformación substancial de rocas ígneas o sedimentarias debido a altas temperaturas, intensas presiones y cambios químicos ocasionados por procesos geológicos de gran escala, como la grafitización.

**Tabla 1***Clasificación de rocas por su origen.*

CLASIFICACIÓN POR SU ORIGEN	TIPO	ASPECTO FISICO	FAMILIA
ÍGNEAS	Plutónicas o intrusivas	Textura granular, gruesa	Granito
		Cristalización gruesa, a profundidad	Diorita
	Hipoabiasales o filonianas	Textura media	Pegmatitas
		Cristalización cerca de superficie	Dikes varios
	Volcánicas o efusivas	Textura fina	Vítrea: Obsidiana
Lavas o derrames	Cristalización en superficie	Felsíticas: Riolitas	
	Piroclastos o cenizas	Porfídicas: Andesitas	
		Fragmentales: Brechas	
SEDIMENTARIAS	Mecánicas	Formadas por transporte y deposición mecánica de detritos	Arenas
		Químicas: Por solución y deposición o precipitación química	Gravas Calizas
	Químicas	Orgánicas: Por deposición de restos orgánicos	Calizas y Diatomitas
METAMÓRFICAS	Regionales por orogénesis		Gneiss
	De contacto o locales	Térmico, Hidrotermal (Acción de soluciones y calor)	Mármol

*Nota.* Esta tabla muestra las clasificaciones de los tipos de rocas detallando todos los aspectos físicos.

### **Fragmentación de Rocas**

En la fragmentación del macizo rocoso mediante explosivos, se emplean ocho mecanismos de rotura que también influyen en los resultados de las explosiones, estos incluyen:

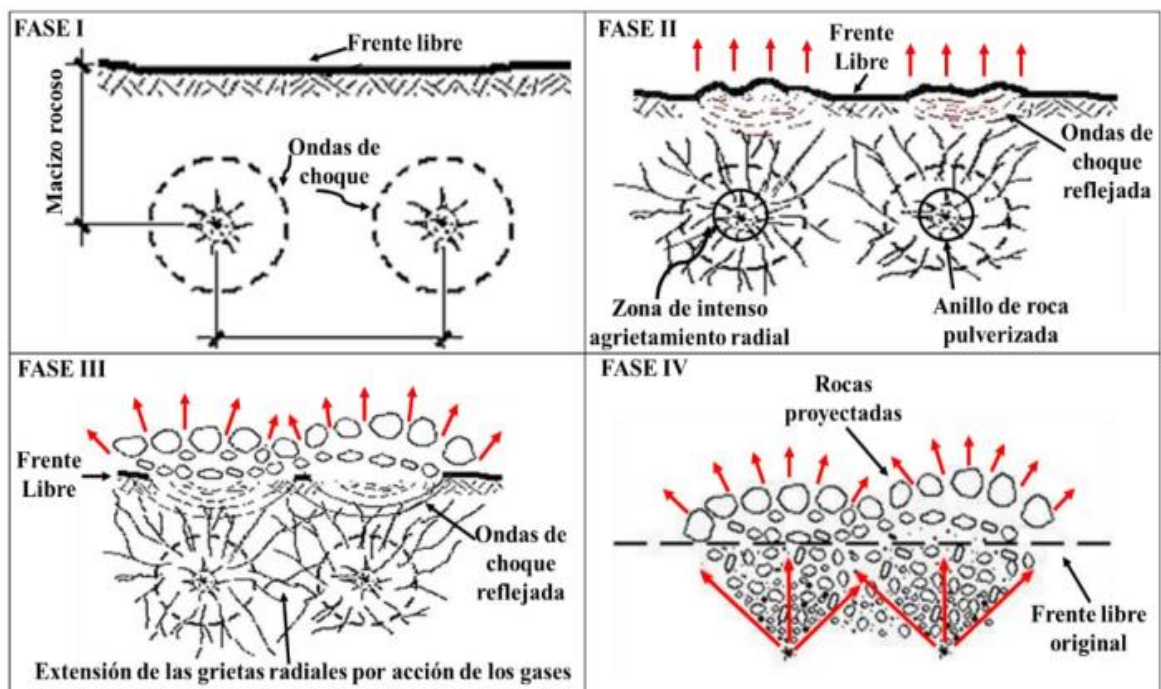
- Trituración de la roca.
- Agrietamiento radial.
- Reflexión de la onda de choque.
- Extensión y apertura de las grietas radiales.

- Fracturación por liberación de carga.
- Fracturación por cizallamiento.
- Rotura por flexión.
- Rotura por colisión.

Para evaluar una voladura, se consideran varios aspectos, como el esponjamiento, la fragmentación del material, la geometría del material volado, el estado físico del macizo residual, el análisis del piso del banco, la presencia de bolonería y el nivel de vibraciones. En lo que respecta a la fragmentación, se utilizan métodos como el análisis visual, los métodos fotográficos y fotogramétricos, así como el estudio de la productividad del equipo de carga.

**Figura 1**

*Etapas de fragmentación de rocas por voladuras.*



*Nota.* La figura representa las etapas de un macizo rocoso. (Gonzales, Arturo, 2023).

### **Propiedades de las Rocas que Afectan a la Voladura de Rocas**

Según el Instituto Geológico y Minero de España (1994, p.19), algunas de las principales propiedades físicas de las rocas influyen en el mecanismo de penetración y, por tanto, en la elección del método de perforación.



**Dureza.** Se refiere a la resistencia de la capa superficial a la penetración en ella de otro cuerpo más duro.

“Las rocas se clasifican en cuanto a su dureza por medio de la escala de Mohs, en la que se valora la posibilidad de que mineral pueda rayar a todos los que tienen un número inferior al suyo” (Instituto Geológico y Minero de España [IGME]., 1994, p. 19).

**Tabla 2**

*Clasificación de dureza en rocas.*

CLASIFICACIÓN	DUREZA MOHS	F'C (Mpa)
Muy dura	+7	+200
Dura	6 – 7	120 - 200
Medio dura	4.5 – 6	60 - 200
Medio blanda	3 - 4.5	30 - 60
Blanda	2 – 3	10 - 30
Muy blanda	1 – 2	- 10

*Nota.* Adaptado de Instituto Tecnológico GeoMinero de España, (1994).

**Resistencia.** “Se llama resistencia mecánica de una roca a la propiedad de oponerse a la destrucción bajo una carga exterior, estática o dinámica. Depende fundamentalmente de su composición mineralógica” (IGME, 1994, pág. 19).

### **Cemento Expansivo**

El cemento expansivo es un cemento especial que sufre una reacción de hidratación química cuando entra en contacto con el agua, y la fuerza de expansión resultante es suficiente para fracturar la roca más dura sin producir vibración ni contaminación ambiental. Es un sustituto durante la demolición.

“Es un cemento rompedor de alta seguridad, eficaz en aquellos casos donde no es posible el uso de la dinamita” (DRIZORO S.A.U, 2015, p.1).

Según Urrestarazu, y otros (2010, p. 3) nos indica, “el cemento expansivo es un agente demoledor no explosivo pulverulento y de color grisáceo, cuyo componente base es la cal inorgánica”.

El empleo de cemento expansivo en la fragmentación de rocas presenta múltiples beneficios en comparación con los métodos convencionales. En primer lugar, su utilización es segura con el entorno, dado que no implica la detonación de

explosivos ni la emisión de sustancias nocivas al aire. Además, este tipo de cemento posibilita una fragmentación precisa y controlada de la roca, lo que minimiza los posibles daños a las estructuras cercanas y reduce los costos asociados con las tareas de limpieza y reparación. Otra ventaja destacada radica en su versatilidad, ya que puede ser aplicado en diversos tipos de rocas y condiciones geológicas.

**Consideraciones para la aplicación del Cemento Expansivo.** Aunque el empleo de cemento expansivo en la fragmentación de rocas tiene numerosas ventajas, también conlleva algunas consideraciones y desafíos importantes. Es esencial llevar a cabo un análisis geológico exhaustivo para determinar la viabilidad del método, teniendo en cuenta las particularidades de la roca y el entorno del sitio. Por otra parte, es importante los aspectos de seguridad durante la aplicación del cemento expansivo, asegurando el cumplimiento de las regulaciones locales y la protección tanto de los trabajadores como del medio ambiente circundante.

**Composición Química del Cemento Expansivo.** De acuerdo a Urrestarazu y otros (2010, pág. 3) "El cemento expansivo es un agente demoledor no explosivo pulverulento y de color grisáceo, cuyo componente base es la cal inorgánica".

Además, con el mismo tipo de cemento y dependiendo de los aditivos, se pueden obtener diferentes tipos de hormigón: normal, bituminoso, arcilloso, de fraguado rápido, resistente al agua, espumoso, reforzado.

Composición química del cemento expansivo:

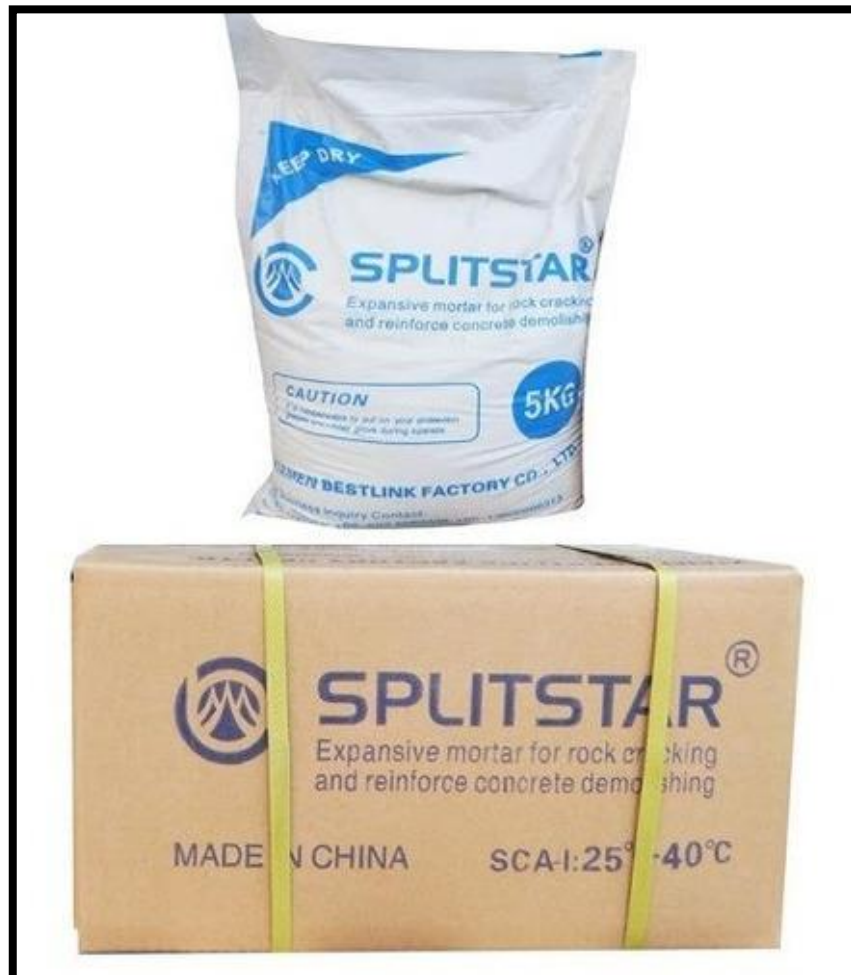
- Óxido de calcio (CaO): 60-70%
- Trióxido de aluminio ( $Al_3O_3$ ): 4- 7%
- Dióxido de silicio (incluyendo 5% de sílice libre) ( $SiO_2$ ): 19-24%
- Oxido de magnesio (MgO): <5%
- Oxido férrico ( $Fe_2O_3$ ): 2- 6%

**Aplicaciones.** El ámbito de aplicación del cemento expansivo es amplio y diversificado. Puede emplearse en proyectos de gran envergadura, así como en tareas de demolición de menor tamaño o incluso en demoliciones residenciales. En

comparación con los métodos convencionales que exigen perforaciones cada 10 cm, el uso del cemento expansivo brinda un correcto flujo de trabajo, el cual permite que las actividades en curso continúen sin interrupciones a lo largo del proceso.

## Figura 2

### *Cemento Expansivo*



**Modo de Empleo.** La aplicación de cementos expansivos se limita a rocas que sean sólidas, robustas y carezcan de formaciones específicas. Ejemplos de este tipo son el granito, que se encuentra entre los favoritos para este propósito. Por lo tanto, este método sería altamente eficaz en granito, mientras que en una piedra calcárea su eficacia dependería del contexto y las condiciones, y en una piedra carniola no sería viable. (Urrestarazu, y otros, 2010, p. 6)

Poner en un balde entre un 28% y un 30% de contenido de agua (durante el verano, no exceder el 15%), luego utilizar un batidor para mezclar hasta obtener una masa uniforme sin la presencia de grumos.

**Carga.** Llenar los espacios vacíos hasta el borde superior; en el caso de proyectos de mayor envergadura, es posible emplear la bomba de carga.

Acción expansiva y rotura: Después de un promedio de diez horas, se origina una fuerza de expansión con una presión que supera las 4,000 Tn/m<sup>2</sup> (toneladas por metro cuadrado). Esta presión aumentará gradualmente y en el transcurso de dos días, alcanzará una presión de expansión superior a 5,000 Tn/m<sup>2</sup>. En la mayoría de los casos, la presión de expansión de 3,000 Tn/m<sup>2</sup> es adecuada para fracturar la mayoría de los materiales.

### **Características de la perforación**

***Diámetro del barreno.*** Ejerce un impacto directo en el desenlace de la demolición o fractura de rocas. Es esencial emplear diámetros adecuados para cada tipo de roca, siendo los diámetros ideales de 4 a 4,5 cm, mientras que valores menores a 3,5 cm no se recomiendan.

Seleccionar el diámetro de los barrenos está condicionado por la cantidad de trabajo realizada por hora o la velocidad de la perforación, así como por la resistencia de la roca.

Se debe de tener presente que los costos de perforación llegan a disminuir con el aumento de los diámetros, en algunos casos.

Por recomendación, los barrenos deben de cumplir con las dimensiones de 30 mm a 70 mm, todo dependerá de las dimensiones de la roca a demoler.

***Desplazamiento entre agujeros.*** Para la separación o distanciamiento entre barrenos, si se desea realizar una rotura de entre 12 y 24 horas, su separación se deberá de multiplicar el diámetro del barreno por 10, y posteriormente si se realiza una rotura en 48 horas se deberá multiplicar por 15.

**Tabla 3***Ejecución y distancia de taladros.*

TIPO DE SOPORTE		DISTANCIA (como múltiplo de Ø del taladro)	SEPARACIÓN ESTÁNDAR ENTRE TALADROS (mm)		CONSUMO (kg/m <sup>2</sup> )
			Taladro de 30 mm	Taladro de 40 mm	
BOLOS SUELTOS	Roca Blanda	12-16	360 - 480	480 - 640	3.5 - 5.5
	Roca Semidura	10 - 13	300 - 390	400 - 520	4.8 - 8.5
	Roca Dura	6 - 11	180 - 330	240 - 440	7.5 - 11
ROCA (Dos caras libres)	Roca Blanda	10 - 15	300 - 450	400 - 600	5.5 - 11
	Roca Semidura	8 - 12	240 - 360	320 - 480	8.5 - 15.7
	Roca Dura	5 - 10	150 - 300	200 - 400	10 - 21
HORMIGÓN	En masa	10 - 15	300 - 450	400 - 600	5.6 - 11
	Armado	5 - 8	150 - 240	200 - 320	21 - 35

*Nota.* Esta tabla muestra las distancias de separación entre taladros.

**Profundidad del barreno.** Para la profundidad del barreno, se sugiere que oscile entre el 80% y el 90% de la altura completa de la roca que se va a demoler. En situaciones donde la roca esté empotrada, la profundidad debe ser del 105% de la altura total.

**Temperatura del agua.** Para un óptimo funcionamiento del cemento expansivo, se recomienda que la temperatura varía de acuerdo a las condiciones climáticas de la zona de aplicación.

**Tabla 4***Temperatura del agua.*

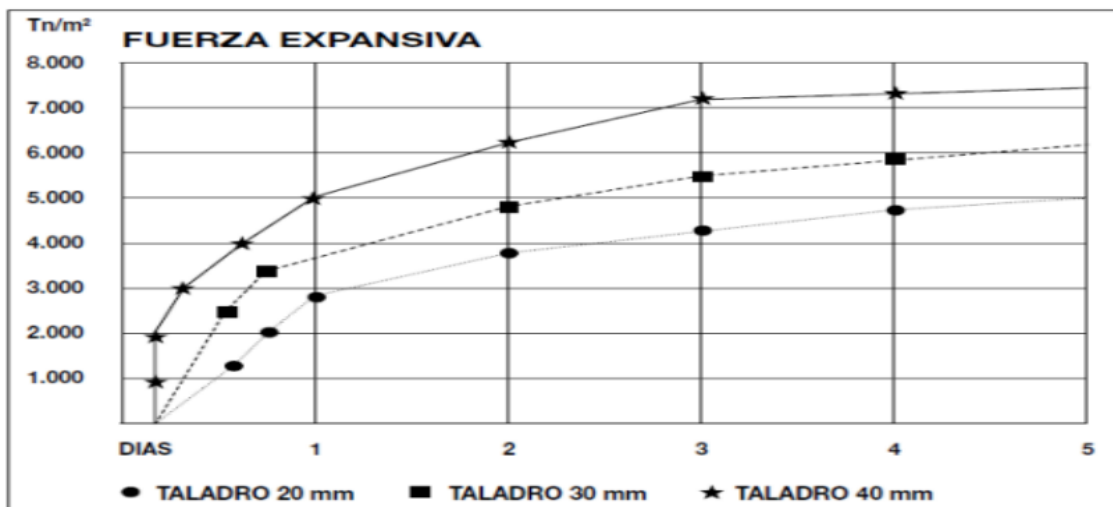
TEMPERATURA DE LA ROCA O CONCRETO	TEMPERATURA DEL AGUA	DIÁMETRO DE LAS PERFORACIONES (mm)	DIÁMETRO DE LAS PERFORACIONES (")
-3 a 4 °C	40 °C máximo	38 mm	1 1/2"
5 a 13 °C	29.5 °C máximo	38 mm a 35 mm	1 1/2" a 1 3/8"
14 a 22 °C	18 °C máximo	32 mm a 35 mm	1 1/4" a 1 3/8" ó 1 1/2"
23 - 27 °C	4 °C máximo (con hielo)	32 mm a 35 mm	1 1/4" a 1 3/8" ó 1 1/2"
28 - 35 °C	0.5 °C máximo (con hielo)	32 mm	1 1/4"

*Nota.* Esta tabla muestra la temperatura adecuada del agua para su uso con el cemento expansivo.

**Tiempo de fracturación.** El cemento expansivo entre las primeras 10 y 18 horas produce una presión expansiva de más de 4.000TN/m<sup>2</sup>. La potencia va aumentando progresivamente y en dos días puede lograr una presión expansiva superior a las 7000TN/m<sup>2</sup>. Para la mayor parte de los materiales a derribar basta con una presión expansiva de 6000 TN/m<sup>2</sup>.

**Figura 3**

*Fuerza Expansiva vs tiempo.*



### Speed Breaker

Según la Rock Fracturing Company (2022), viene a ser una tecnología innovadora en la fragmentación de rocas controlada, mas no es un explosivo, que consiste en una combinación de sales químicas que emiten altas temperaturas y gases de rápida y amplia expansión, con poco producto.

Cuando se realiza una voladura en la demolición de estructuras o en actividades de minería, es importante controlar la propagación de la onda de choque para evitar daños no deseados o peligros. Los Speed Breaker se utilizan para romper o ralentizar la onda de choque y minimizar los efectos adversos, como la vibración y la proyección de escombros.

Los Speed Breaker pueden ser estructuras físicas, como montículos de tierra o barreras, colocadas estratégicamente alrededor de la zona de voladura. También pueden ser configuraciones específicas de explosivos o patrones de carga diseñados para dirigir la energía explosiva de manera controlada. La elección de la técnica específica depende de las circunstancias y los objetivos de la voladura.

### **Ventajas**

- Se considera un producto no explosivo según SUCAMEC, siendo este clasificado como un dispositivo para fragmentación de roca – Clase II – Tipo T9.
- En zonas donde ya existen estructuras levantadas funciona idealmente, ya que no produce daños colaterales ni vibraciones mínimas.
- Tiene una velocidad de expansión muy ligera, por lo que el riesgo de “fly rocks” es nulo
- Los gases producidos de esta tecnología son inocuos y no contiene gases tóxicos presentes, y al mismo tiempo estos gases son considerados “deflagrantes” ya que tiene una velocidad de expansión de 330 – 360 m/s, un número muy reducido comparando con los 4000 - 7000 m/s de un explosivo convencional
- Tiene un radio de evacuación de 150 – 200 m/s, siendo este un radio mínimo de evacuación.

**Aplicación.** Para aplicar el speed breaker, se utilizan cargas explosivas con velocidades de detonación controladas y se colocan en patrones específicos en la roca. El diseño del patrón de voladura y la elección de explosivos son factores críticos para lograr el efecto deseado. Esto se hace con la ayuda de software de diseño de voladuras y expertos en explosivos.

Es importante destacar que la aplicación del speed breaker en la voladura de rocas es una técnica avanzada y especializada que requiere experiencia y conocimiento en explosivos y geología para llevarse a cabo de manera segura y efectiva. Se utiliza principalmente en aplicaciones industriales y de minería donde se necesita fragmentar grandes volúmenes de roca de manera controlada.

**Figura 4**

*Dispositivo para fragmentación de Roca (Speed Breaker)*



### **Building Information Modeling (BIM).**

La metodología BIM se describe como un enfoque de colaboración para la gestión de la información relacionada con proyectos de inversión pública. En este enfoque, se utiliza un modelo de información desarrollado por las partes interesadas con el propósito de agilizar la planificación a largo plazo, el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento de la infraestructura pública. Esto garantiza la disponibilidad de datos sólidos para respaldar la toma de decisiones.

### **Gestión de Proyectos con BIM.**

La gestión de proyectos de construcción se fundamenta en una serie de tareas relacionadas con el cronograma, el tiempo y los participantes involucrados a lo largo de toda la duración del proyecto. Además, para llevar a cabo exitosamente el proyecto, es esencial contar con un conocimiento sólido y una comprensión lógica de los procedimientos y procesos necesarios.

Las áreas de conocimiento del PMBOK pueden establecer vínculos con las aplicaciones de la metodología BIM, lo que significa que existe una estrecha relación entre ambos, dado que comparten conceptos muy similares. Por ejemplo, la gestión de integración, que constituye la primera área del PMBOK, cumple prácticamente la misma función que BIM, en coordinar los planes, documentos y esfuerzos de todos los involucrados en el proyecto. "BIM también es un entorno



basado en objetos que puede categorizar distintos elementos de un edificio y dividirlo en distintos grupos” (Trejo, 2020, p.16).

Otra de las herramientas que posee el BIM es su dimensión 4D y 5D lo cual se basa en la administración del plazo y costo del proyecto respectivamente. También se pueden relacionar estas herramientas del BIM con las áreas de gestión del tiempo y costo del proyecto respectivamente del PMBOK. El modelado 3D del proyecto es una herramienta muy importante en la gestión de la metodología BIM debido a que gracias a dicho modelado es posible detectar los riesgos asociados al proyecto y modificar el diseño para posibles adicionales o evitar retrabajos.

### **Beneficios del BIM en el ciclo de vida del proyecto**

“La metodología BIM abarca la totalidad del ciclo de un proyecto y conlleva una serie de ventajas en cada una de las fases de un proyecto de construcción, disminuyendo la incertidumbre al anticipar y resolver problemas con antelación” (Trejo, 2020, p.17).

Así mismo, nos menciona los beneficios de aplicar BIM:

1. Eficiencia.
2. Mejor calidad.
3. Trabajo colaborativo.
4. Transparencia.
5. Control del tiempo.

Fases de la Metodología BIM:

- Fase de planificación del proyecto.
- Fase de diseño.
- Fase de análisis del proyecto.
- Fase de programación y costos.
- Fase de construcción.
- Fase de operación y mantenimiento.
- Fase de demolición o renovación (Antonio M., 2020).

### **Dimensión 3D del BIM.**

Implica la creación de una representación virtual del proyecto a construir con dimensiones de largo, ancho y profundidad. Mediante la dimensión 3D del BIM, es posible obtener una representación realista del proyecto, lo que ya conlleva un gran beneficio, ya que, en el pasado la conceptualización de los proyectos de construcción se limitaba a modelos en 2D. Este modelo tridimensional se puede desarrollar para las distintas disciplinas involucradas en un proyecto, como estructuras, arquitectura, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, instalaciones mecánicas, entre otras.

### **Dimensión 4D del BIM.**

El BIM 4D, implica principalmente la incorporación de la variable tiempo al proyecto de construcción y está estrechamente relacionada con el seguimiento y control del mismo. Se requiere la creación de un plan maestro que sirve como referencia fundamental para la ejecución del proyecto, y el BIM manager puede llevar a cabo el análisis de seguimiento y control del proyecto a partir de esta línea base. La programación de la obra se puede efectuar utilizando diversos programas como Microsoft Project, Microsoft Excel, Primavera P6, entre otros. Esta programación, que establece los plazos de las diferentes tareas, se puede representar de diversas maneras, siendo una de ellas a través de un diagrama de Gantt que se vinculará con el modelo 3D. Esta sincronización entre la programación y el modelo permitirá la simulación virtual del progreso físico y proyectado del proyecto, posibilitando un control preciso de las distintas tareas y permitiendo realizar ajustes en los recursos según sea necesario.

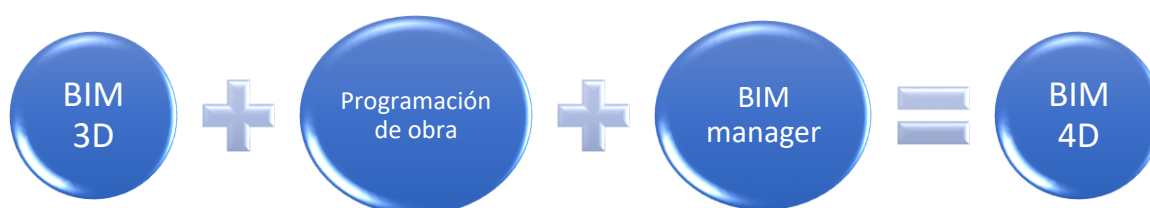
Una de las ventajas más destacadas del BIM 4D radica en su habilidad para visualizar y evaluar cómo los cambios en el cronograma de construcción podrían impactar antes de que se produzcan, lo cual simplifica la toma de decisiones fundamentadas y la reducción de riesgos. Además, al ofrecer una representación visual del avance del proyecto, el BIM 4D fomenta la mejora de la comunicación y la colaboración entre los distintos equipos participantes en la obra.

En resumen, el BIM 4D se presenta como una herramienta sumamente efectiva que aprovecha la tecnología para optimizar la eficiencia, la exactitud y la

administración del tiempo en proyectos de construcción, contribuyendo así a la finalización exitosa y puntual de los mismos. Su capacidad para incorporar la dimensión temporal en los modelos de construcción lo convierte en un elemento esencial dentro de la industria de la construcción contemporánea.

**Figura 5**

*BIM 4D*



### **Cronograma de Obra.**

Es una herramienta utilizada en todo proyecto de construcción, en la cual se fija plazos determinados para la ejecución de tareas, hasta culminar el proyecto en su totalidad. Para el control de estas actividades, se usa la herramienta conocida como “Diagrama de Gantt”. Esta herramienta sirve para poder programarse eficientemente, de acuerdo al avance de obra.

La guía PMBOK afirma que la gestión del cronograma de un proyecto constituye el punto de partida fundamental para determinar si la gestión del proyecto será exitosa o no.

La misma guía desglosa la gestión del cronograma en seis actividades distintas, que son las siguientes: planificar la gestión del cronograma, definir las actividades, establecer la secuencia de las actividades, estimar la duración de las actividades, crear el cronograma y controlar el cumplimiento del cronograma.

En cuanto a la definición de actividades, podemos entenderla como el proceso de identificar las acciones necesarias para lograr la entrega integral de un proyecto. En lo que respecta a la secuencia de actividades, es esencial comprender las restricciones y las interrelaciones entre las tareas, las dependencias, y la disponibilidad de recursos, con el fin de establecer el orden o la secuencia en la

que estas actividades deben llevarse a cabo en el proyecto. Esto nos permite diagramar y organizar eficazmente el flujo de actividades en el proyecto.

**Gestión del Costo del Proyecto.** En esta fase se abarcan todos los aspectos relacionados con la planificación, evaluación y gestión del presupuesto. El objetivo es garantizar que la ejecución del proyecto se mantenga dentro de los límites del presupuesto aprobado, asegurando así la viabilidad financiera y el éxito del proyecto. De acuerdo la guía PMBOK 6ta edición, detallamos los siguientes procedimientos de la gestión de costos de un proyecto:

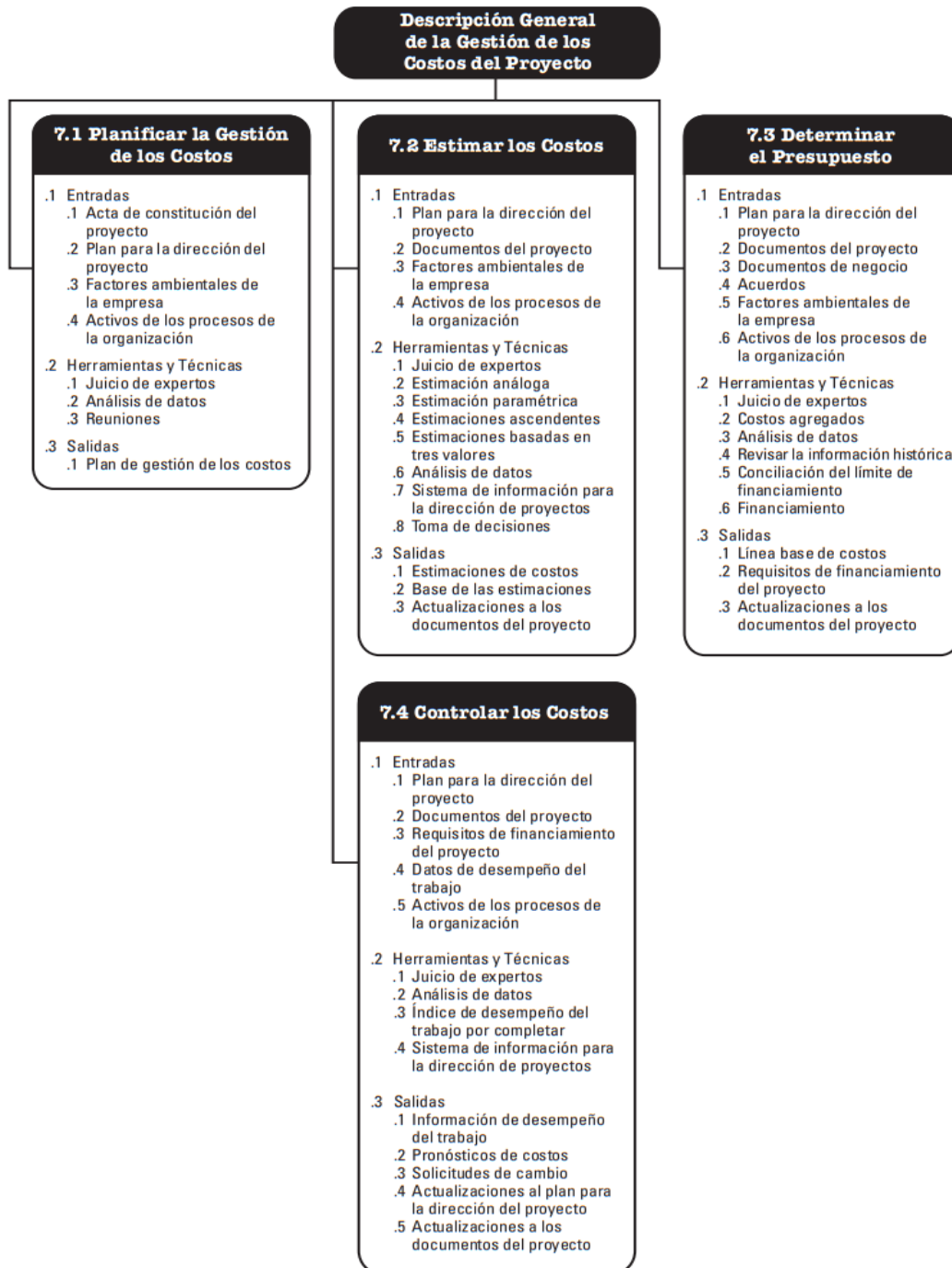
- Planificación de la Gestión de los Costos. Este proceso se refiere a la metodología que establece la forma en que se deben llevar a cabo la estimación, la cotización, la gestión, el control y el monitoreo de todos los costos del proyecto.
- Estimación de los Costos. Este proceso implica proponer una estimación que se acerque a todos los recursos económicos necesarios para lograr la finalización exitosa del proyecto.
- Determinar el Presupuesto. Consiste en sumar cada costo estimado de las tareas particulares o de los paquetes de trabajo en obtener una línea base de costos determinada.
- Controlar los Costos. Este proceso implica la vigilancia constante del estado del proyecto con el fin de actualizar todos los costos del proyecto y gestionar las modificaciones en la línea base de costos en caso de ser necesario.

Según el PMBOK (2017) afirma lo siguiente:

“La planificación de la gestión de los costos es el proceso que establece la forma en que se deben estimar, presupuestar, gestionar, monitorear y controlar los costos del proyecto. Lo positivo de este proceso es que proporciona una guía y dirección sobre cómo gestionar los costos del proyecto a lo largo de su duración, lo que contribuye a mantener el proyecto en el camino correcto en términos financieros” (p.577).

**Figura 6**

*Mapa descriptivo de Gestión de Proyecto.*



**Presupuesto de obra.** Es un documento, el cual presenta una estimación aproximada del costo aproximado de desarrollo de toda la obra. Está compuesta de 2 partes: Los costos directos, que vienen a ser el desarrollo del proyecto neto, y los costos indirectos, que son las partes del proyecto que no influyen directamente en el desarrollo del proyecto, pero que son necesarios para su desarrollo, como el pago de los responsables, el IGV, fletes terrestres, impuestos, etc.

## **Gestión de Riesgos**

Este proceso es constructivo y orientado hacia resultados favorables, con el propósito de disminuir la posibilidad de resultados no exitosos durante las diversas fases del proyecto, ya sea en su fase de diseño, construcción o funcionamiento.

Según el PMBOK (2017) afirma lo siguiente:

“Se trata de un campo del conocimiento que se administra mediante una serie de procedimientos con el objetivo de incrementar la probabilidad y/o el impacto de los factores positivos (oportunidades) y reducir la probabilidad y/o el impacto de los factores negativos (amenazas) para así mejorar las perspectivas de éxito del proyecto”.

En el caso de que no se aborden adecuadamente las amenazas, es decir, los riesgos negativos, esto dará lugar a problemas como retrasos, gastos adicionales, un desempeño deficiente y pérdidas, lo que tendrá un impacto negativo en los objetivos del proyecto. Por otro lado, si se aprovechan las oportunidades, es decir, los riesgos positivos, se pueden obtener ventajas como la reducción de tiempo y costos, posiblemente una mejora en el rendimiento y un aumento en las ganancias de la empresa.

**Niveles de riesgos.** Los riesgos pueden surgir en cada etapa del proyecto, por lo tanto, la Gestión de Riesgos implica un enfoque iterativo en el cual los procesos se repiten y se consolidan a medida que avanza el desarrollo del proyecto.

El riesgo general se registra durante el proceso de planificación del proyecto a través de ciertas estrategias consideradas a criterio de quien desarrolla la gestión de riesgos.

Es crucial diferenciar entre riesgo y problema. Un riesgo es potencial y su ocurrencia depende de cómo se desarrolle el proyecto, mientras que un problema es una realidad. Un riesgo puede tener un impacto tanto positivo como negativo, mientras que un problema siempre tiende a tener un impacto negativo. Además, los riesgos se pueden gestionar durante el progreso del proyecto a través de la evaluación de su impacto y probabilidad de ocurrencia, y se pueden controlar. En contraste, con un problema, solo se puede gestionar o resolver el impacto que ya ha ocurrido.

**Tabla 5**

*Niveles de Riesgo.*

<b>RIESGO</b>	<b>PROBLEMA</b>
Potencial	Real
Impacto positivo o negativo	Impacto Negativo
Se puede gestionar y controlar el impacto	Se puede solucionar solo el impacto

*Nota.* Esta tabla muestra los tipos de riesgos y problemas de un proyecto.

**Riesgos en el proyecto.** Se entiende por riesgos, eventos que pueden ocurrir en el desarrollo de actividades, generando un impacto en el proyecto. Estos pueden ser positivos o negativos, los cuales afectaran directamente al proyecto. El plan de gestión de riesgos del proyecto se puede dividir en 6 pasos:

- **Identificación:** Identificar todos los posibles casos que se puedan presentar en el proyecto.
- **Análisis de riesgos:** De acuerdo a todos los riesgos analizados, se evaluará la probabilidad, y de acuerdo a eso el plan de contingencia de respuesta.
- **Priorización:** Jerarquizar los riesgos de acuerdo a su probabilidad de suceso
- **Asignación:** Con los riesgos ya identificados, se asignará un responsable para poder terminar de identificar las probabilidades
- **Supervisión:** Ir controlando los riesgos de acuerdo a cómo se esté dando el proyecto.
- **Respuesta:** Si un riesgo aparece en el proyecto, se aplicará el plan de contingencia elaborado anteriormente.

## **2.3. Marco Conceptual**

### **Cemento**

La palabra cemento “se aplica a toda sustancia que posea propiedades adhesivas, cualquiera que sea su origen. La palabra proviene del latín (caementum = piedra sin escuadrar)” (Urrestarazu, y otros, 2010 pág. 2)

### **Cemento Expansivo**

Viene a ser un agente para fractura de roca no explosivo, que consiste en un cemento, que, al contacto con agua, viene a provocar una alta presión en la roca, fracturándola.

### **Perforación**

Esta es la primera operación para preparar la voladura. Su propósito es hacer un agujero cilíndrico en la roca para contener el explosivo y su accesorio iniciador, llamado taladro, barreno, hoyos o blast holes. (Martínez, 2012).

### **Productividad**

“La productividad es la relación entre los productos logrados y los insumos que fueron utilizados o los factores de la producción que intervinieron” (García, 2011, p.17).

### **Roca**

“Es el material formado como consecuencia de un proceso geológico y puede estar formada por uno o varios minerales. Las rocas son objetos heterogéneos que se forman por una aglomeración de fases minerales.” (Fyfe, 1981 p. 27).

### **Speed Breaker**

Es un producto nuevo utilizado para la fragmentación de roca controlada, que consiste en la combinación de sales químicas, que proporcionarán altas temperaturas y gases expansivos.



## **Fragmentación de roca**

Es la voladura de la roca, esto se requiere de una gran cantidad de explosivos, liberando energía en gran cantidad durante la explosión, donde, el 20 - 30% se utilizará para la fractura y desplazamiento de rocas, mientras el resto es desperdiciado (Builes, 2012).

## **BIM**

Building Information Modeling (Construcción, información y modelado) es más que un modelo 3D del terreno, ya que incluye todos los aspectos de la transmisión de datos, gestión de información y generación de conocimiento. Donde los profesionales trabajan en equipo con un objetivo común.

## **Costo**

“Costo directo, es la suma de material, mano de obra y equipo necesario para la realización de un proceso productivo” (Suarez, 2005, p.25).

## **Cronograma**

“El beneficio principal de este proceso es que crea un modelo de programación con fechas planificadas para completar las tareas del proyecto. Este procedimiento se lleva a cabo durante toda la duración del proyecto para garantizar un seguimiento efectivo y una ejecución exitosa”. (PMBOK, 2017, p. 575).

## **Gestión de Riesgo**

“El beneficio clave de este proceso es garantizar una gestión de riesgos eficiente y adecuada que sea proporcional a la naturaleza e importancia de los riesgos del proyecto, involucrando a las partes interesadas y a la organización. Este proceso se realiza de forma puntual o según lo predefinido en el proyecto, asegurando que los riesgos se aborden de manera oportuna y adecuada”. (PMBOK, 2017, p. 401).

## **2.4. Sistema de Hipótesis, Variables e Indicadores**

### **Hipótesis**

El speed breaker, como tecnología para la fragmentación de rocas, superará notoriamente al cemento expansivo, siendo éste una mejor solución para el caso urbanístico presentado.

### **Variables dependientes e independientes**

#### **Variable compleja**

x1 = Análisis de la productividad para la fractura de roca.

## Operacionalización de la variable

**Tabla 6.**

*Operacionalización de variables.*

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento de investigación
<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de la productividad para la fractura de roca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluación detallada de la producción por unidad de trabajo para la separación bajo presión entre dos o más piezas de un cuerpo sólido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cemento Expansivo</li> <li>Speed Breaker</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costo: Alto y bajo</li> <li>Cronograma: Menor o mayor tiempo</li> <li>Riesgo: Bajo, medio o alto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sin medida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Microsoft Excel</li> <li>Microsoft Word</li> <li>Infracworks</li> <li>Naviswork</li> <li>Civil 3D</li> <li>S10</li> <li>Microsoft Project</li> </ul>

### **III. METODOLIGÍA EMPLEADA**

#### **3.1. Tipo y Nivel de Investigación**

##### **Tipo de investigación**

###### **De acuerdo a la orientación y finalidad:**

El tipo de investigación, de acuerdo a su orientación es aplicada, ya que su objetivo principal es utilizar las teorías existentes, establecidas por la investigación básica, y de esta manera, presentar una propuesta que resuelva la problemática que enfrentan las personas que viven en la habilitación urbana San Antonio de Pachacamac.

###### **De acuerdo a la técnica de contrastación**

El tipo de investigación, de acuerdo a la técnica de contrastación es descriptiva, ya que su objetivo principal es el de describir y analizar la problemática en la habilitación urbana San Antonio, generando alternativas de solución eficientes, más no de indagar el desarrollo del problema.

#### **3.2. Población y Muestra de estudios**

##### **Población**

La población del siguiente estudio vendría a ser todos los planes de gestión elaborados para la manzana H5 etapa V del proyecto inmobiliario “San Antonio de Pachacamac” en Pachacamac, Lima.

##### **Muestra**

La muestra de la siguiente tesis viene a ser los planes de gestión del costo, cronograma y riesgo utilizando cemento expansivo y “speed breaker” para la manzana H5 etapa V del proyecto inmobiliario “San Antonio de Pachacamac” en Pachacamac, Lima. El tipo de muestreo será probabilístico, de tipo aleatorio simple.0

### **3.3 Diseño de investigación**

El diseño de contrastación es cuantitativo, ya que se han realizado análisis con el propósito de lograr los objetivos de la investigación mencionada. Mediante datos obtenidos con herramientas estadísticas, probabilidad y simulación con variables constantes. Finalizando con la presentación de la mejor alternativa para la fractura de roca.

### **3.4 Técnicas e Instrumentos de investigación**

#### **Técnicas**

- Observación
- Estudio correlacional
- Análisis documental
- Investigación bibliográfica

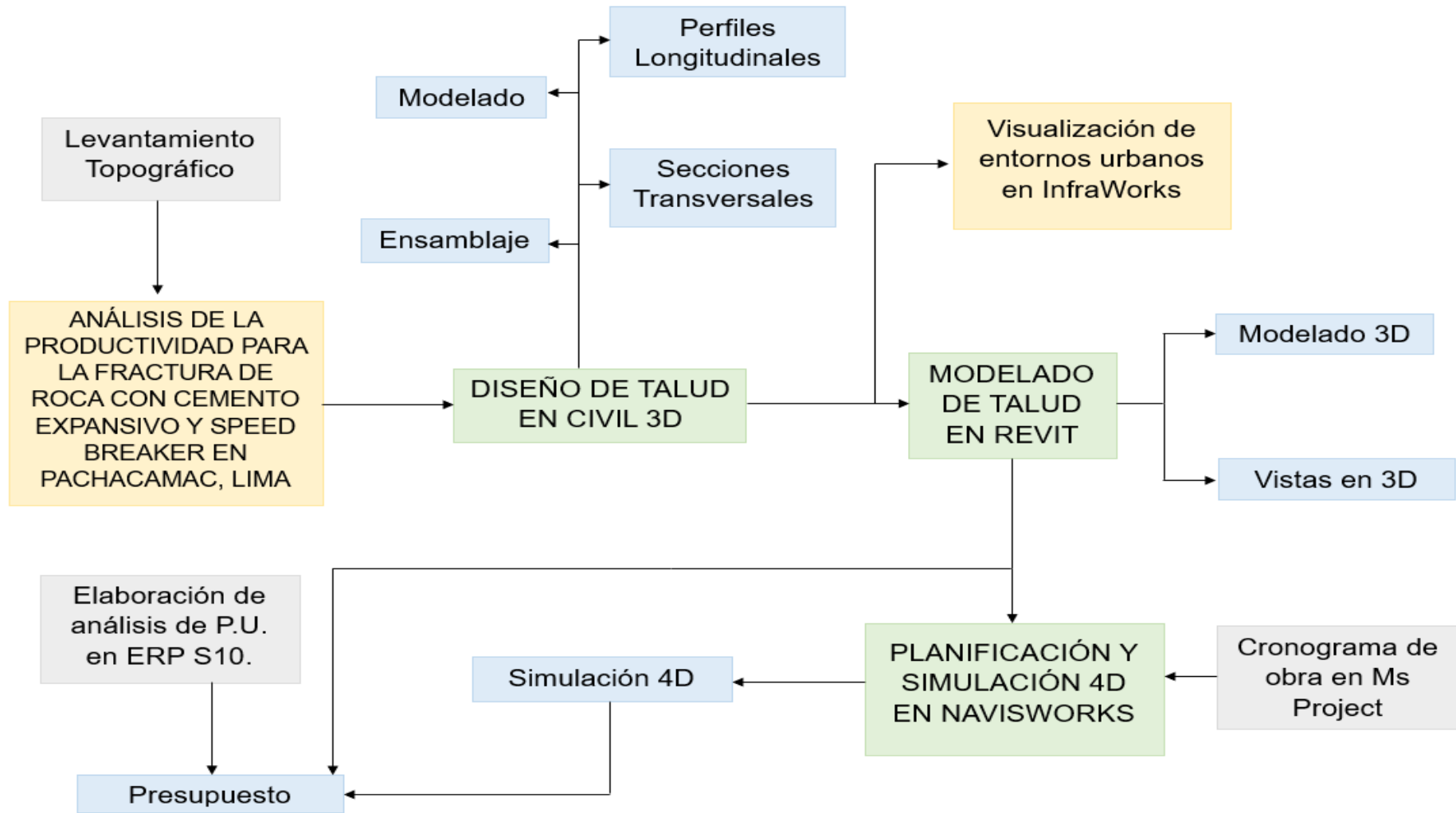
#### **Instrumentos de Recolección de Datos**

Se recopilará la información mediante los siguientes instrumentos:

- Fichas técnicas
- Disco duro externo
- Informes sobre los distintos tipos de análisis
- Fichas de recolección de datos.
- InfraWorks: Te permite modelar, analizar y visualizar conceptos de diseño de infraestructura y construcción.
- NavisWorks: Software de visualización 3D usado más en arquitectura, ingeniería, construcción.
- Civil 3D.
- MS Project: Gestiona proyectos en tiempos establecidos.
- S10: Elabora presupuestos en base a costos unitarios.

**Figura 7**

*Flujograma de trabajo.*



### **3.5. Procesamiento y análisis de Datos.**

#### **Procesamiento de Datos.**

- Elaboración del presupuesto de Obra para una propuesta de corte de talud usando cemento expansivo.
- Elaboración del presupuesto de Obra para una propuesta de corte de talud usando speed breaker.
- Elaboración del cronograma de Obra usando cemento expansivo.
- Elaboración del cronograma de Obra usando speed breaker.
- Análisis mediante cuadros comparativos de las propuestas de corte de talud mediante el uso cemento expansivo y speed breaker.

## **IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1 Propuesta de investigación**

La presente investigación realizada, tiene como finalidad realizar una investigación sobre la fractura de roca usando diferentes métodos y materiales, tales como el Cemento Expansivo y el Speed Breaker, logrando un correcto análisis de la productividad usando estos materiales en el distrito de Pachacamac. Para poder analizar la productividad de cada uno de estos materiales, fue necesario realizar la gestión del proyecto, empezando con el modelado del talud e indicar por el corte por secciones, también pudimos realizar la estimación de tiempo de ejecución del proyecto y finalmente se realizó la estimación de costos en el proyecto, dando como resultado el análisis de la productividad para el proyecto. Una vez realizado dicho análisis, se procedió con la elaboración de un plan de riesgos para la mitigación de los mismos.

Para el análisis de la productividad, fue necesario realizar la gestión BIM 4D, para poder obtener los datos de manera eficiente y acorde al tipo de proyecto que se realizó. Posteriormente, se procederá a elaborar la comparativa de productividad entre el Cemento Expansivo y Speed Breaker, para luego determinar que material es más productivo en base al diseño y modelado para la fractura de roca.

### **4.2 Análisis e interpretación de resultados**

#### **Ubicación del proyecto:**

La ubicación del terreno se encuentra de manera colindante con la habilitación urbana San Antonio de Pachacamac, distrito de Pachacamac, departamento de Lima. La longitud del talud será de 200 m. Las coordenadas de estudio son:



**Tabla 7**

*Coordenadas de longitud de talud.*

<b>Progresiva</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Inicio Km 0+000.00	-12.149945	-76.856050
Final Km 0+200.00	-12.148164	-76854660

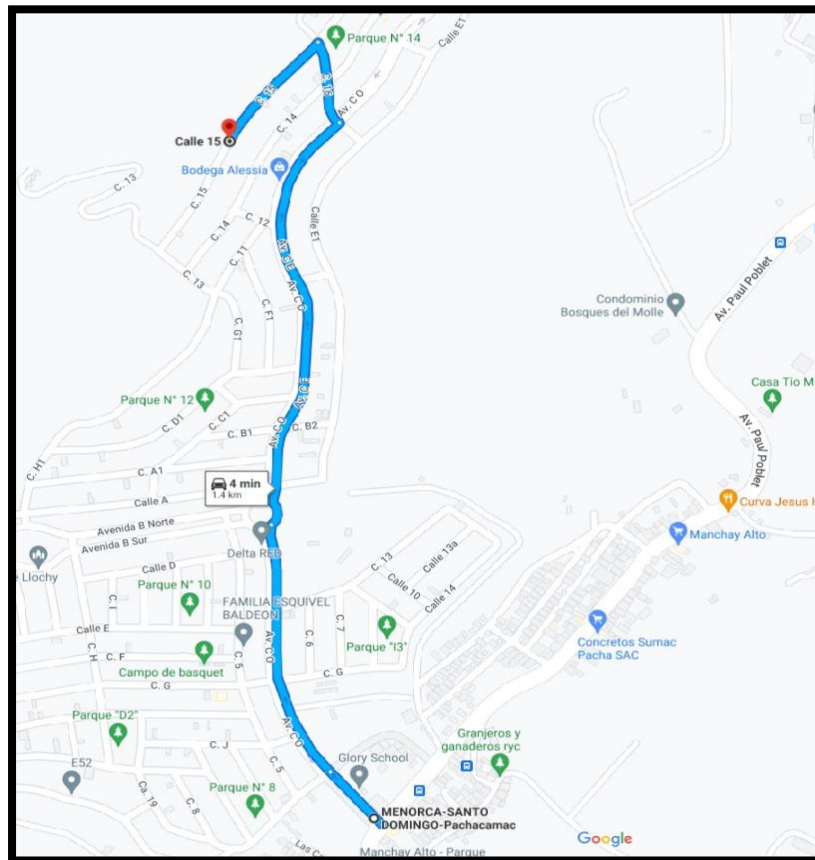
*Nota.* Esta tabla muestra puntos de inicio y fin de cada progresiva del corte de talud.

### **Acceso al área de estudio**

La zona de estudio se ubica en la habilitación urbana San Antonio de Pachacamac, distrito de Pachacamac, departamento de Lima. Se puede acceder por vía terrestre desde la Av. Paul Poblet y Vía a S. Antonio.

**Figura 8**

*Acceso al área de estudio desde Google Maps.*



*Nota.* Extraído de Google Maps. Acceso a la zona de investigación.

**Tabla 8**

*Recorrido al área de estudio.*

Tramo	Distancia / Duración	Condición de la carretera
Av. Pablo Poblet – Calle 15 San Antonio	1.4 km / 4min	Vía Pavimentada

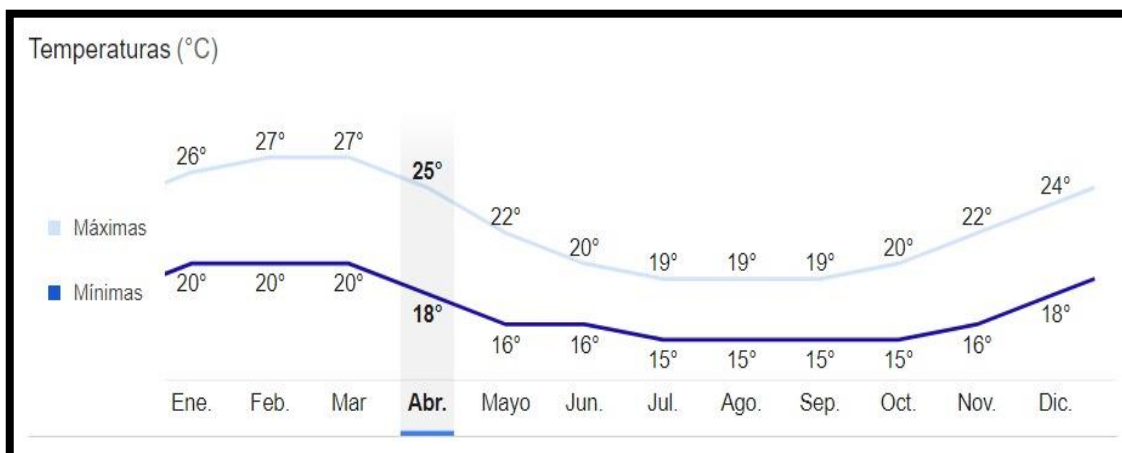
*Nota.* Esta tabla muestra como es el recorrido hacia el punto de investigación.

### Condición climática

El clima de habilitación urbana San Antonio de Pachacamac, se considera como una temperatura agradable, con una temperatura máxima en el año 2024 de 27 °C en febrero y una temperatura mínima de 15 °C en agosto. Suelen presentarse precipitaciones repentinas a lo largo del año, y en invierno el clima suele ser seco, con una precipitación media anual de 10.7 mm.

**Figura 9**

*Temperatura de Pachacamac.*



*Nota.* Extraído de Pachacamac: Datos climáticos promedio de Google, 2024.

## Características de la Obra

El proyecto “FRACTURA DE ROCA”, consiste en la estabilidad de un talud, de aproximadamente 200 m de longitud. Ya que, de no realizar la estabilización, amenazaría a los habitantes de la habilitación urbana San Antonio de Pachacamac. En este caso, se realizará el análisis de dos materiales principales para poder realizar la fractura de roca, tales como, el cemento expansivo y speed breaker; buscando la mejor opción para realizar este procedimiento, sin poner en riesgo a dichos habitantes. El corte se realizará por etapas en diferentes plataformas, realizando perforaciones con Rock Drill, para posteriormente usar los materiales mencionados.

### Figura 10

*Presentación del lugar de estudio.*



*Nota.* La siguiente figura representa el lugar de estudio a una distancia que se llegue apreciar el punto de investigación.

**Tabla 9**

*Cuadro comparativo del cemento expansivo y speed breaker.*

<b>CEMENTO EXPANSIVO</b>		<b>SPEED BREAKER</b>	
Tipos	Existen diferentes de acuerdo a su región y temperatura (k, m y s). No contamina el M. A.	Tipos	Cartuchos tipo p2 con distintos diámetros. Cartuchos no explosivos, expansores de gas no detonantes.
Ventajas	Demolición más rápida y económica, en comparación con maquinaria pesada. No requiere permisos para usarlo. Usado en diámetros grandes y/o pequeños. No condiciona o paraliza trabajos en obra. No afecta los ecosistemas, también se usa dentro del mar.	Ventajas	Demolición de concreto armado en gran volumen. Poco impacto ambiental. Rompe roca en minería y obra civil, obra fluvial, obra marítima y túneles. Aumenta la producción y reduce los tiempos de trabajo. Frente a cementos expansivos, reduce el tiempo de ejecución hasta un 80%. Tiene mínimo impacto acústico.
Fuerza expansiva	Superior a 7000 t/m2.	Velocidad de deflagración (encapsulado)	350 - 850 m/s
Proporción	1 a 1.2 litros por bolsa de 5 kg.	Velocidad de deflagración (no encapsulado)	0 - 1 m/s
Densidad aparente	DE 500 - 700 KG/L	Presión máxima	900 MP
Longitud mínima de perforación	85% - 90% de la altura total en elementos sueltos.	Volumen de gas	923 L/KG
Distancia entre cada orificio	10 veces el diámetro del taladro. 5 veces el diámetro para elementos de concreto armado.	Zona de seguridad	30 m
Tiempo de mezclado	2 min	Diámetro	Tres diámetros: 22, 32 y 38 mm con longitudes entre 70 mm hasta 1.100 mm.
Uso	En tiempo caluroso, realizarlo por la mañana.	Almacenamiento	18 meses en almacenamiento seco y oscuro.
Aplicación	Una vez realizada la mezcla, se dispone de 5 min para verterlo a las perforaciones.	Humedad	75%

*Nota.* Esta tabla muestra las ventajas del beneficio de Speed Breaker y Cemento Expansivo.

## **Análisis de la productividad**

Para realizar el análisis de la productividad en la fractura de roca con cemento expansivo y speed breaker en Pachacamac, utilizaremos la metodología BIM, obteniendo resultados con información del proyecto mediante el modelo digital creado por agentes que engloban esta metodología.

Con el uso de la metodología BIM pudimos identificar y resolver los problemas de diseño antes de que se conviertan en costosos errores en el sitio de construcción. Esto conduce a una reducción significativa en los retrabajos, lo que ahorra tiempo y recursos.

### **Análisis de la productividad utilizando la metodología BIM en la fractura de roca con cemento expansivo y speed breaker en Pachacamac.**

Para poder analizar la productividad en la fractura de roca con cemento expansivo y speed breaker en Pachacamac, se distribuyó en la etapa el corte de fractura de roca para analizar las partidas correspondientes a los metrados y con ello poder realizar los demás puntos importantes que irán de la mano con el proyecto las cuales son los costos, cronograma y plan de riesgo.

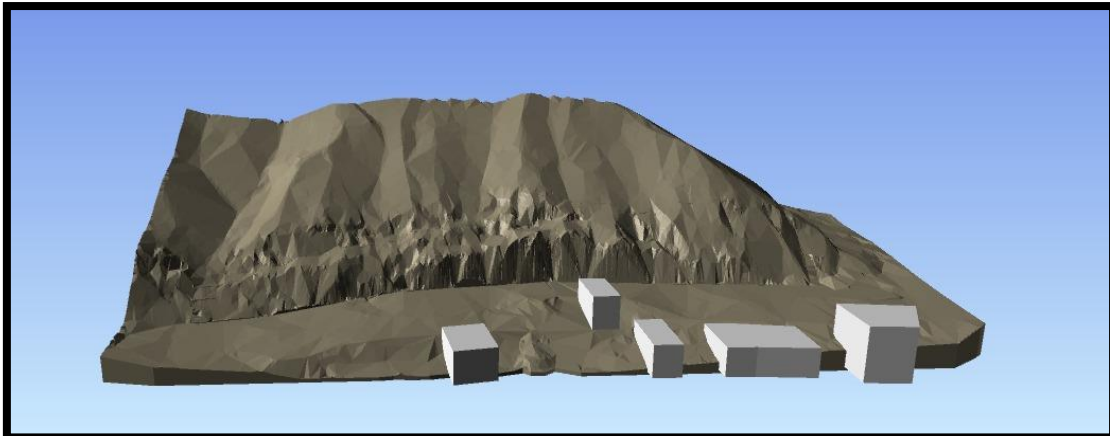
Para la metodología BIM se realizó la sectorización del corte de talud. Con la aplicación de este método nos brinda la facilidad de obtener la planificación y el tiempo de ejecución de obra, obteniendo los costos de las dos alternativas.

### **Modelamiento del proyecto para el análisis de fractura de roca con Speed Breaker y Cemento Expansivo.**

Para el modelamiento del análisis de ambas propuestas se tuvo que llevar a cabo el uso de los programas Revit 2024 y Navisworks 2024, con la ayuda de este software nos propondremos a realizar una cuantificación del corte del talud de la zona, planteando varias estrategias que nos permitan acortar tiempo y seguridad, y una ellas que va de acorde a la zona del estudio es realizar la sectorización del talud.

## Figura 11

*Modelado del Talud.*



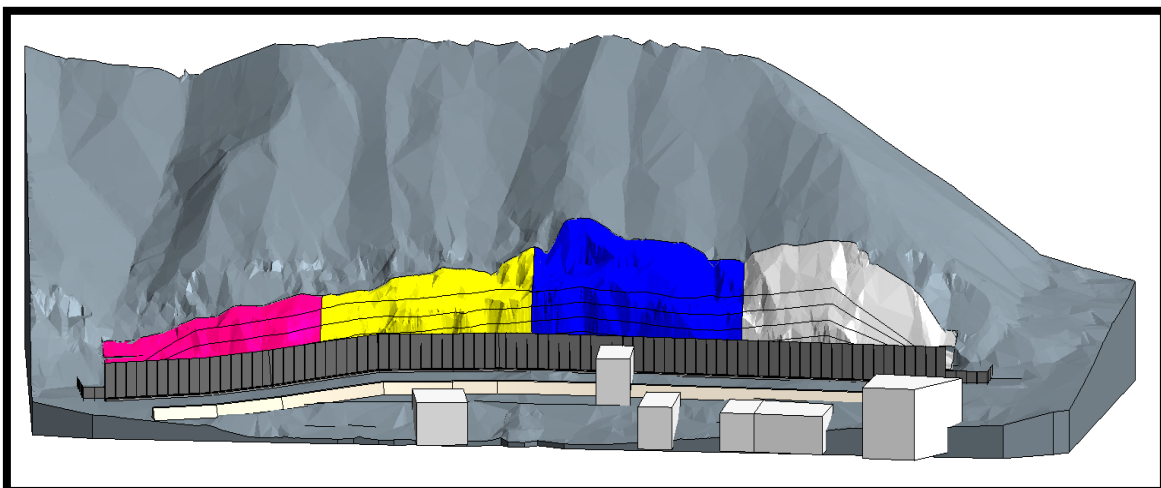
*Nota. La figura representa el modelado del talud actualmente.*

**Sectorización del talud.** Este proceso consta en dividir el talud en volúmenes similares. Para poder realizar la sectorización, con el objetivo de poder proporcionar los metrados de las partidas y a la vez poder proporcionar los tiempos de ejecución del proyecto.

El talud a fracturar aplicando el Speed Breaker y cemento expansivo cuenta con 4 secciones dividiendo el plan de trabajo por volúmenes determinados.

## Figura 12

*Sectorización del talud.*



*Nota. La figura representa las 4 secciones del talud para la aplicación de la fractura de roca con Speed Breaker y Cemento Expansivo.*

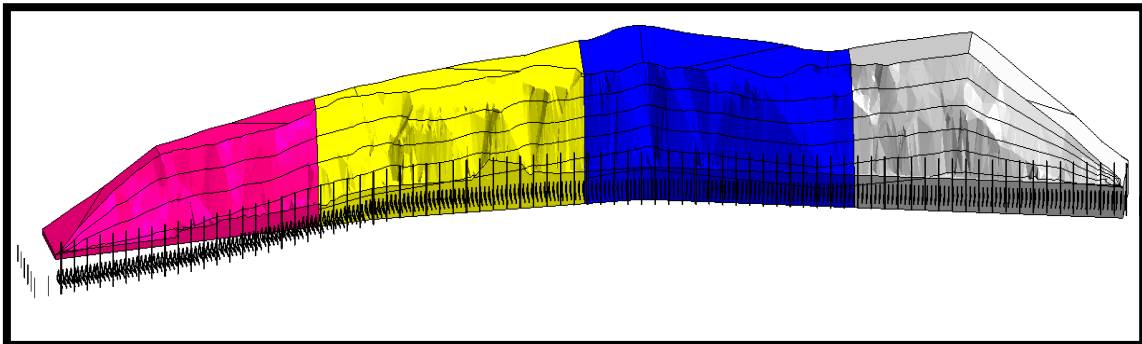
**División por plataformas.** Siguiendo las especificaciones técnicas de cada método de fractura de roca, se debe dividir en plataformas, las cuales garantizan el óptimo funcionamiento del método que vaya a ser empleado.

Para el uso de speed breaker, se realizó el análisis correspondiente y se pudo definir que serán necesarias 6 plataformas, las cuales se pueden apreciar en la figura 12.

Para la aplicación de Cemento Expansivo, se definió que la cantidad de plataformas necesarias serán 16, las cuales se pueden apreciar en la figura 13.

### Figura 13

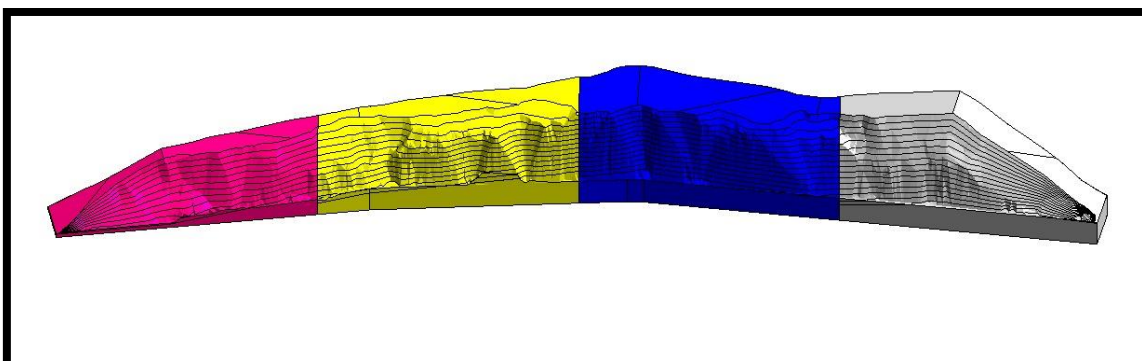
Vista sectorizada con división de plataformas con Speed Breaker.



*Nota.* El grafico representa 6 plataformas por sección para la aplicación de la fractura de roca con Speed Breaker.

### Figura 14

Vista sectorizada con división de plataformas con Cemento Expansivo.



*Nota.* El grafico representa 16 plataformas por sección para la aplicación de la fractura de roca con Cemento Expansivo.

## **Metrados de partidas por plataformas aplicando el Speed Breaker y Cemento Expansivo.**

Se emplearon técnicas de medición precisa para determinar las dimensiones del talud, considerando tanto la altura como el ángulo de inclinación del mismo, el cual se obtuvo de un previo análisis con un geólogo especialista en la estabilización de taludes.

Luego de realizar el modelamiento del talud, se procedió a la elaboración de metrados de corte por plataforma.

**Tabla 10**

*Metrado de corte de talud por plataformas.*

<b>ITEM</b>	<b>PARTIDAS</b>	<b>Und.</b>	<b>METRADO</b>
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
<b>2.01</b>	<b>CORTE EN ROCA FIJA</b>		
2.01.01	Corte de roca con excavadora (habilitación de accesos)	m3	3,280.15
2.01.02	Perforación de roca con equipo	m3	12,902.44
2.01.03	Fragmentación de roca con speed breaker	m3	12,902.44
2.01.04	Limpieza de roca fragmentada	m3	12,902.44
2.01.06	Desquinche de talud de roca	m2	5,233.21
<b>2.02</b>	<b>ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE CORTE</b>		
2.02.01	Acopio Interno de material de corte	m3	16,182.59
2.02.01	Carguío y transporte interno de material a zona de acopio D<1km	m3	16,182.59
<b>3</b>	<b>PARTIDAS COMPLEMENTARIAS</b>		
3.03	Reposición de vía existente de adoquines	m2	1,134.00
3.06	Limpieza final de obra	glb	1.00

*Nota.* Esta tabla muestra el resumen del metrado del corte de talud con Speed Breaker.



**Tabla 11***Metrado de corte de talud por plataformas.*

<b>ITEM</b>	<b>PARTIDAS</b>	<b>Und.</b>	<b>METRADO</b>
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
<b>2.01</b>	<b>CORTE EN ROCA FIJA</b>		
2.01.01	Corte de roca con excavadora (habilitación de accesos)	m3	3,279.23
2.01.02	Perforación de roca con equipo	m3	12,813.51
2.01.03	Fragmentación de roca con cemento expansivo	m3	12,813.51
2.01.04	Limpieza de roca fragmentada	m3	12,813.51
2.01.06	Desquinche de talud de roca	m2	5,233.21
<b>2.02</b>	<b>ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE CORTE</b>		
2.02.01	Acopio Interno de material de corte	m3	16,092.74
2.02.01	Carguío y transporte interno de material a zona de acopio D<1km	m3	16,092.74
<b>3</b>	<b>PARTIDAS COMPLEMENTARIAS</b>		
3.03	Reposición de vía existente de adoquines	m2	1,134.00
3.06	Limpieza final de obra	glb	1.00

*Nota.* Esta tabla muestra el resumen del metrado del corte de talud con Cemento Expansivo.

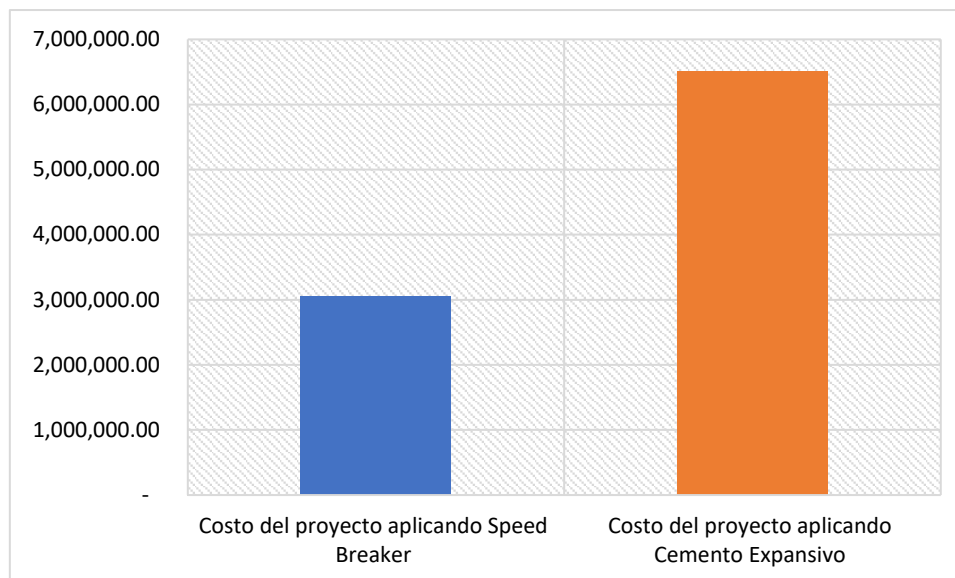
### **Análisis De Resultados en la Gestión De Costos**

**Tabla 12***Gestión de costos*

<b>Comparativa de costos</b>	
Costo del proyecto aplicando Speed Breaker	3,047,796.05
Costo del proyecto aplicando Cemento Expansivo	6,500,295.77
(%) diferencia	113.28

**Figura 155**

*Gráfico comparativo – Gestión de costos*



Se interpreta en la figura N°15 los costos de las propuestas planteadas obteniendo una diferencia de la gestión de costos del 68.79% teniendo más presupuesto aplicando el cemento expansivo, dicha variación de los costos de debe al tiempo de las actividades y el tiempo de cada partida a ejecutar en el proyecto.

### **Presentación de presupuesto para la fragmentación de roca con Speed Breaker y Cemento Expansivo.**

El presupuesto se ha desglosado en varias categorías principales para una mejor comprensión y seguimiento. En primer lugar, consideramos los costos asociados con la adquisición de materiales. Esto incluye al Speed Breaker y cemento expansivo, con precios unitarios y cantidades requeridas según los metrados realizados. También se han tenido en cuenta otros materiales necesarios para la aplicación del cemento expansivo, como herramientas y equipos de seguridad.

Una vez presentados lo metrados, pudimos realizar la elaboración del presupuesto de obra. Algunas herramientas y técnicas utilizadas son:

- **Agregación de costos:** Suman los costos de las actividades para la obtención del costo total de cada paquete de trabajo y prosiguiendo con la suma de los paquetes de trabajo, para así poder obtener el costo total de todo proyecto.

- Análisis de Reservas: Se refiere a la agregación de reserva con el fin de obtener un plan de contingencia para aquellos riesgos imprevistos.

**Tabla 13**

*Resumen de Presupuesto Speed Breaker.*

Item	Descripción	Importe S/.
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD</b>	
1.01	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES	70,858.88
1.02	INSTALACIONES PROVISIONALES	47,008.06
1.03	SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	123,616.68
1.04	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS	16,959.84
1.05	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO	74,512.52
1.06	TRABAJOS PRELIMINARES	154,852.30
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	
2.01	CORTE EN ROCA FIJA	1,151,302.90
2.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE CORTE	356,987.94
<b>3</b>	<b>PARTIDAS COMPLEMENTARIAS</b>	
3.03	REPOSICIÓN DE VÍA EXISTENTE DE ADOQUINES	27,057.24
3.06	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	1,762.45
	<b>COSTO DIRECTO S/.</b>	<b>2,024,918.80</b>
	GASTOS GENERALES (20.05%)	406,090.30
	UTILIDAD (7.50%)	151,868.91
	<b>SUB TOTAL S/.</b>	<b>2,582,878.01</b>
	IGV. (18.00%)	464,918.04
	<b>TOTAL, S/.</b>	<b>3,047,796.05</b>

*Nota.* Esta tabla indica el resumen del presupuesto para el corte de talud aplicando el Speed Breaker.

**Tabla 14***Resumen de Presupuesto Cemento Expansivo.*

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Importe S/.</b>
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD</b>	
1.01	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES	88,335.14
1.02	INSTALACIONES PROVISIONALES	63,122.09
1.03	SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	178,321.87
1.04	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS	16,959.84
1.05	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO	115,609.56
1.06	TRABAJOS PRELIMINARES	121,744.30
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	
2.01	CORTE EN ROCA FIJA	3,532,420.79
2.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE CORTE	355,005.84
<b>3</b>	<b>PARRTIDAS COMPLEMENTARIAS</b>	
3.03	Reposición de vía existente de adoquines	27,057.24
3.06	Limpieza final de obra	1,762.45
	<b>COSTO DIRECTO S/.</b>	<b>4,500,339.12</b>
	GASTOS GENERALES (14.91%)	<b>670,860.67</b>
	UTILIDAD (7.50%)	<b>337,525.43</b>
	<b>SUB TOTAL S/.</b>	<b>5,508,725.23</b>
	IGV. (18.00%)	<b>991,570.54</b>
	<b>TOTAL, S/.</b>	<b>6,500,295.77</b>

*Nota.* Esta tabla indica el resumen del presupuesto para el corte de talud aplicando el Cemento Expansivo.

Se puede observar la diferencia de presupuesto de cada método, siendo el presupuesto del cemento expansivo un porcentaje de 113.28% mayor al de speed breaker, visualizando un incremento excesivo en las obras provisionales, debido a que se realizaran más actividades con respecto al tiempo programado.

### **Cronograma de obra por fragmentación con Speed Breaker y Cemento Expansivo.**

Nuestro cronograma ha sido elaborado con un enfoque integral que incorpora tanto las actividades relacionadas con el modelado de la información del área de investigación y como aquellas específicas para la aplicación del cemento expansivo en el talud. Esta integración nos ha permitido obtener una visión holística del proyecto y optimizar la coordinación entre los diferentes equipos y disciplinas involucradas.

Se estableció una secuencia temporal coherente que abarca desde la modelización inicial del terreno y la generación del modelo BIM hasta la planificación detallada de las actividades de preparación del terreno, aplicando el Speed Breaker y cemento expansivo, a su vez monitoreando la estabilización de los taludes. Esta secuencia nos permite gestionar eficientemente los recursos y minimizar los posibles retrasos entre las distintas etapas en el proyecto.

**Tabla 15***Cronograma resumen de obra (Speed Breaker).*

<b>CRONOGRAMA DE OBRA (SPEED BREAKER)</b>			
<b>Nombre de tarea</b>	<b>Duración</b>	<b>Comienzo</b>	<b>Fin</b>
<b>PROYECTO CORTE DE TALUD H.U SAN ANTONIO DE PACHACAMAC - LIMA (SPEED BREAKER)</b>	131 días	lun 13/11/23	sáb 27/04/24
INICIO DE OBRA	0 días	lun 13/11/23	lun 13/11/23
FIN DE OBRA	0 días	sáb 27/04/24	sáb 27/04/24
<b>OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD</b>	<b>130 días</b>	<b>lun 13/11/23</b>	<b>vie 26/04/24</b>
CONSTRUCCIONES PROVISIONALES	<b>130 días</b>	<b>lun 13/11/23</b>	<b>vie 26/04/24</b>
INSTALACIONES PROVISIONALES	<b>130 días</b>	<b>lun 13/11/23</b>	<b>vie 26/04/24</b>
SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	<b>130 días</b>	<b>lun 13/11/23</b>	<b>vie 26/04/24</b>
MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	<b>124 días</b>	<b>lun 20/11/23</b>	<b>vie 26/04/24</b>
TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO	<b>12 días</b>	<b>lun 20/11/23</b>	<b>sáb 02/12/23</b>
TRABAJOS PRELIMINARES	<b>18 días</b>	<b>mar 21/11/23</b>	<b>jue 14/12/23</b>
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	<b>100 días</b>	<b>lun 11/12/23</b>	<b>jue 18/04/24</b>
(Habilitación de acceso)	41 días	lun 11/12/23	mar 30/01/24
Perforación de roca con Rock Drill	<b>56 días</b>	<b>sáb 27/01/24</b>	<b>vie 12/04/24</b>
Fragmentación de roca con capsulas pirotécnicas (instalación y activación)	<b>56 días</b>	<b>mar 30/01/24</b>	<b>lun 15/04/24</b>
Limpieza de roca fragmentada y perfilado de talud	<b>56 días</b>	<b>mié 31/01/24</b>	<b>mié 17/04/24</b>
Carguío y eliminación de roca fragmentada	<b>59 días</b>	<b>mar 30/01/24</b>	<b>jue 18/04/24</b>
<b>PARTIDAS COMPLEMENTARIAS</b>	<b>8 días</b>	<b>jue 18/04/24</b>	<b>sáb 27/04/24</b>

*Nota.* Esta tabla indica el resumen del cronograma aplicando el Speed Breaker.

**Tabla 16***Cronograma resumen de obra (Cemento Expansivo).*

<b>CRONOGRAMA DE OBRA (CEMENTO EXPANSIVO)</b>			
<b>Nombre de tarea</b>	<b>Duración</b>	<b>Comienzo</b>	<b>Fin</b>
<b>PROYECTO CORTE DE TALUD H.U SAN ANTONIO DE PACHACAMAC - LIMA (CEMENTO EXPANSIVO)</b>	<b>204 días</b>	<b>lun 01/04/24</b>	<b>mié 04/12/24</b>
INICIO DE OBRA	0 días	lun 01/04/24	lun 01/04/24
FIN DE OBRA	0 días	mié 04/12/24	mié 04/12/24
<b>OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD</b>	<b>203 días</b>	<b>lun 01/04/24</b>	<b>mié 04/12/24</b>
CONSTRUCCIONES PROVISIONALES	137 días	lun 01/04/24	lun 16/09/24
INSTALACIONES PROVISIONALES	137 días	lun 01/04/24	lun 16/09/24
SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	137 días	lun 01/04/24	lun 16/09/24
MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	197 días	lun 08/04/24	mié 04/12/24
TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO	12 días	lun 08/04/24	sáb 20/04/24
TRABAJOS PRELIMINARES	18 días	mar 09/04/24	mar 30/04/24
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	<b>179 días</b>	<b>vie 26/04/24</b>	<b>mar 03/12/24</b>
(Habilitación de acceso)	41 días	vie 26/04/24	lun 17/06/24
Perforación de roca con Rock Drill	134 días	lun 17/06/24	mié 27/11/24
Fragmentación de roca con cemento expansivo (instalación y activación)	133 días	mié 19/06/24	jue 28/11/24
Limpieza de roca fragmentada y perfilado de talud	133 días	mié 19/06/24	vie 29/11/24
Carguío y eliminación de material de roca fragmentada	134 días	jue 20/06/24	mar 03/12/24
<b>PARTIDAS COMPLEMENTARIAS</b>	<b>2 días</b>	<b>mar 3/12/24</b>	<b>mié 04/12/24</b>

*Nota.* Esta tabla indica el resumen del cronograma aplicando el Cemento Expansivo.

## Análisis De Resultados en la Gestión Del Cronograma

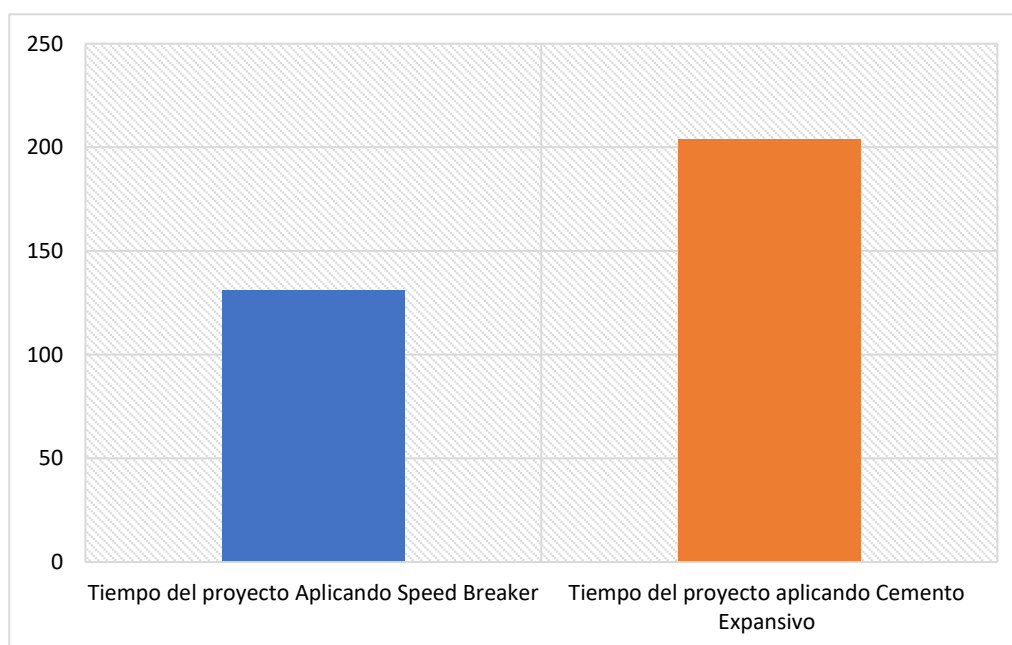
Tabla 17

Gestión del Cronograma

Comparativa del Cronograma	
Tiempo del proyecto Aplicando Speed Breaker	131
Tiempo del proyecto aplicando Cemento Expansivo	204
(%) deferencia de ahorro de tiempo	55.73

Figura 166

Gráfico comparativo Gestión de Cronograma.



Se interpreta en la figura N°16 la diferencia de los tiempos proyectado para cada método teniendo una diferencia de 66 días, dando a conocer que al aplicar el Speed Breaker reduce a un 47.83% al tiempo programado con cemento expansivo, debido a que se toma más plataformas a fragmentar por el detonante speed Breaker.



## Identificación de riesgos

Para llevar a cabo la identificación de riesgos, nos hemos basado en investigaciones complementarias con el fin de elaborar un listado de riesgos aplicables al proyecto de fragmentación de rocas. En este contexto, se consideró relevante seleccionar 45 riesgos de impacto negativo de un plan de riesgos y añadir 15 riesgos sugeridos, resultando en un total de 60 riesgos de impacto negativo.

El propósito es reunir la información sobre los posibles riesgos que podrían surgir durante la fragmentación de rocas usando speed breaker y cemento expansivo.

## Categorización de Riesgos

De acuerdo con (Fernández, 2007), se categorizó los riesgos en cinco secciones, relacionados a la ejecución, aspectos técnicos, legales, ambientales y económicos. Esta clasificación se utilizará para la fractura de roca con speed breaker y cemento expansivo.

**Tabla 18**

*Clasificación de riesgos*

<b>COD.</b>	<b>CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS</b>
1	R. Ejecución
2	R. Técnicos
3	R. Legales
4	R. Ambientales
5	R. Económicos

*Nota.* En esta tabla se muestra las clasificaciones para identificación de los riesgos.

## Desglosable de Riesgos – RBS

En este contexto, se enfatiza la importancia de la participación de todos los miembros del Equipo de Gestión del Proyecto en la identificación de riesgos. El objetivo es identificar tanto el autor o autores de los riesgos como la primera respuesta o respuesta potencial ante los mismos, así como estar alerta para reconocerlos.

Se destaca que la participación activa de todos los integrantes es crucial para identificar exhaustivamente todos los posibles riesgos. Además, se menciona la visualización de los resultados del progreso como parte del proceso.

El RBS, se elaboró en base a la clasificación de los riesgos, donde se utilizaron algunas técnicas y herramientas que sugiere la (Guía de PMBOK), siendo:

- Lluvia de ideas: Se realizó la actividad de lluvia de ideas con todos los profesionales involucrados en el tema para que cada uno pueda dar su punto de vista y posibles riesgos en el proyecto.
- Revisión de documentación: Mediante los antecedentes, se pudieron verificar algunos riesgos que se presentan en la ejecución de proyectos similares.
- Análisis con especialistas: Se realizó consultas con los expertos en la materia, sobre los riesgos que podrían presentarse en la estabilización de taludes.
- Análisis de causa raíz: Se exploraron las causas posibles que podrían originar un riesgo y posteriormente convertirse en una amenaza.

**RBS para fractura de rocas con Speed Breaker.** La siguiente Tabla 15, se observa el RBS aplicable al proyecto de fragmentación de rocas con speed breaker. En el cual se identificaron ciertos riesgos específicos para el uso de este fragmentador, según su ficha técnica y manual de uso. Ascendiendo a un total de 63 riesgos.

**Tabla 19***Lista de Riesgos*

<b>ITEM</b>	<b>RIESGOS EN RELACIÓN A LOS COMPONENTES DEL PROYECTO DE FRACTURA DE ROCA</b>
<b>1</b>	<b>RIESGOS DE EJECUCIÓN</b>
<b>1.1</b>	<b>Procedimiento</b>
1.1.1	Retraso por eliminación de material
1.1.2	Desprendimiento de rocas por detonación
1.1.3	Perforación del terreno con Rockdrill
1.1.4	Testeo y verificación de Cápsulas Fragmentadoras
1.1.5	Carguío de cápsulas fragmentadoras en taladros
1.1.6	Conexión en serie de cables de iniciación
1.1.7	Anillo de seguridad incorrecto
1.1.8	Polvo excesivo por detonación
1.1.9	Falta de agua y electricidad para la construcción
1.1.10	Acceso de obra deficiente
1.1.11	Llegada tardía de materiales a obra
1.1.12	Mala señalización de obra
1.1.13	Daños a construcciones colindantes
1.1.14	Formación de proyectiles por detonación
1.1.15	Falla de primera línea de protección
<b>1.2</b>	<b>Planificación</b>
1.2.1	Incumplimiento de protocolo de fragmentación
1.2.2	Incumplimiento del cronograma
1.2.3	Incumplimiento de las especificaciones técnicas
1.2.4	Aumento del presupuesto
1.2.5	Cantidades de obra no reales
1.2.6	Presencia de trabajos adicionales
1.2.7	Aumento de costos por escases de materiales
1.2.8	Manejo inadecuado en el flujo de caja de obra
1.2.9	Coordinación inadecuada con proyectista de obra
1.2.10	Plan de gestión de emergencias inadecuado
<b>1.3</b>	<b>Equipos, Maquinaria, Materiales</b>
1.3.1	Vuelco de maquinaria
1.3.2	Colisión entre maquinarias y/o vehículos
1.3.3	Falta de equipos y maquinaria
1.3.4	Avería de maquinarias y equipos
1.3.5	Escasez de materiales
1.3.6	Maquinaria y herramientas deficientes
1.3.7	Baja calidad en materiales de obra
1.3.8	No disponibilidad de materias primas
<b>1.4</b>	<b>Personal</b>
1.4.1	Falta de mano de obra calificada

---

1.4.2	Falta de Staff profesional
1.4.3	Accidentes laborales
1.4.4	Huelgas y paralizaciones
1.4.5	Bajo rendimiento de obra
1.4.6	No disponibilidad de personal obrero calificado
1.4.7	Mal uso de recursos de obra
1.4.8	Personal contractual incompleto en obra
1.4.9	Accidentes en obra
1.4.10	Inadecuada coordinación del equipo de trabajo de obra
<b>2</b>	<b>RIESGOS TÉCNICOS</b>
<b>2.1</b>	<b>Procedimiento</b>
2.1.1	Diseños deficientes y/o incompatibles
2.1.2	Falta de un estudio profundo del subsuelo
2.1.3	Incompatibilidades en el expediente técnico
2.1.4	Defectos del diseño
2.1.5	Incorrectas vinculaciones en el cronograma
2.1.6	Deficiencias en el presupuesto de obra
2.1.7	Partidas de obra no complementadas en el expediente
2.1.8	Exceso de trabajo y horas extras no previstas
<b>3</b>	<b>RIESGOS LEGALES</b>
<b>3.1</b>	<b>Procedimiento</b>
3.1.1	Multas e infracciones
3.1.2	Falta de Licencia de Construcción
<b>4</b>	<b>RIESGOS AMBIENTALES</b>
<b>4.1</b>	<b>Procedimiento</b>
4.1.1	Tsunami
4.1.2	Luvias abundantes
4.1.3	Movimientos sísmicos
<b>5</b>	<b>RIESGO ECONÓMICO</b>
<b>5.1</b>	<b>Procedimiento</b>
5.1.1	Falta de liquidez
5.1.2	Sobrecostos por horas stand by

---

*Nota.* Esta tabla muestra la relación de los diversos tipos de riesgos aplicando el Speed Breaker.

**RBS para fractura de rocas con Cemento Expansivo.** La siguiente Tabla 20, se observa el RBS aplicable al proyecto de fragmentación de rocas con cemento expansivo. En el cual se identificaron ciertos riesgos específicos para el uso de este fragmentador, según su ficha técnica y manual de uso. Ascendiendo a un total de 65 riesgos.

**Tabla 20***Lista de Riesgos*

<b>ITEM</b>	<b>RIESGOS EN RELACIÓN A LOS COMPONENTES DEL PROYECTO DE FRACTURA DE ROCA</b>
<b>1</b>	<b>RIESGOS DE EJECUCIÓN</b>
<b>1.1</b>	<b>Procedimiento</b>
1.1.1	Retraso por eliminación de material
1.1.2	Desprendimiento de rocas por fragmentación
1.1.3	Mala perforación de taladros
1.1.4	Mal estado del Cemento Expansivo
1.1.5	Cantidades Incorrectas de Cemento Expansivo
1.1.6	Falta de agua y electricidad para la construcción
1.1.7	Acceso de obra deficiente
1.1.8	Llegada tardía de materiales a obra
1.1.9	Mala señalización de obra
1.1.10	Daños a construcciones colindantes
1.1.11	Formación de proyectiles por fragmentación
1.1.12	Falla de la primera línea de protección
<b>1.2</b>	<b>Planificación</b>
1.2.1	Incumplimiento del protocolo de fragmentación
1.2.2	Incumplimiento del cronograma
1.2.3	Incumplimiento de las especificaciones técnicas
1.2.4	Aumento del presupuesto
1.2.5	Cantidades de obra no reales
1.2.6	Presencia de trabajos adicionales
1.2.7	Aumento de costos por escases de materiales
1.2.8	Manejo inadecuado en el flujo de caja de obra
1.2.9	Coordinación inadecuada con proyectista de obra
1.2.10	Plan de gestión de emergencias inadecuado
<b>1.3</b>	<b>Equipos, Maquinaria, Materiales</b>
1.3.1	Vuelco de maquinaria
1.3.2	Colisión entre maquinarias y/o vehículos
1.3.3	Falta de equipos y maquinaria
1.3.4	Avería de maquinarias y equipos
1.3.5	Escasez de materiales
1.3.6	Maquinaria y herramientas deficientes
1.3.7	Baja calidad en materiales de obra
1.3.8	No disponibilidad de materias primas
<b>1.4</b>	<b>Personal</b>
1.4.1	Falta de mano de obra calificada
1.4.2	Falta de Staff profesional
1.4.3	Accidentes laborales
1.4.4	Huelgas y paralizaciones

1.4.5	Bajo rendimiento de obra
1.4.6	No disponibilidad de personal obrero calificado
1.4.7	Mal uso de recursos de obra
1.4.8	Personal contractual incompleto en obra
1.4.9	Accidentes en obra
1.4.10	Inadecuada coordinación del equipo de trabajo de obra
<b>2</b>	<b>RIESGOS TÉCNICOS</b>
<b>2.1</b>	<b>Procedimiento</b>
2.1.1	Diseños deficientes y/o incompatibles
2.1.2	Falta de un estudio profundo del subsuelo
2.1.3	Incompatibilidades en el expediente técnico
2.1.4	Defectos del diseño
2.1.5	Incorrectas vinculaciones en el cronograma
2.1.6	Deficiencias en el presupuesto de obra
2.1.7	Partidas de obra no complementadas en el expediente
2.1.8	Exceso de trabajo y horas extras no previstas
<b>3</b>	<b>RIESGOS LEGALES</b>
<b>3.1</b>	<b>Procedimiento</b>
3.1.1	Multas e infracciones
3.1.2	Falta de Licencia de Demolición
<b>4</b>	<b>RIESGOS AMBIENTALES</b>
<b>4.1</b>	<b>Procedimiento</b>
4.1.1	Tsunami
4.1.2	Luvias abundantes
4.1.3	Movimientos sísmicos
<b>5</b>	<b>RIESGO ECONÓMICO</b>
<b>5.1</b>	<b>Procedimiento</b>
5.1.1	Falta de liquidez
5.1.2	Sobrecostos por horas stand by

*Nota.* Esta tabla muestra la relación de los diversos tipos de riesgos aplicando el Cemento expansivo.

### **Incidencia de los Riesgos**

Definido el RBS, es necesario asignar la incidencia de cada riesgo identificado, de manera que podremos conocer como repercutirán en el proyecto. Por lo cual se realizaron encuestas, para la obtención de datos referidos a la probabilidad e impacto, siguiendo la siguiente ecuación:

$$\text{Incidencia} = \text{Probabilidad de ocurrencia} * \text{Impacto}$$

Con el análisis de cada riesgo, es posible determinar que fragmentador tiene menos riesgos en cada actividad, lo que permite establecer escenarios optimistas y pesimistas mediante simulaciones.

Además, siguiendo el ejemplo proporcionado en el PMBOK sobre Gestión de Riesgos, se desarrolló una matriz de probabilidad e impacto para clasificar los riesgos según su relevancia (consultar Figura 3.6).

Se consideró que los riesgos con una incidencia del 0.00 al 0.20 se clasifican como de baja relevancia, aquellos con una incidencia del 0.21 al 0.44 se consideran de relevancia media, y los que tienen una incidencia de 0.45 o más se consideran de alta relevancia.

Obteniendo de esta manera la matriz de riesgos, para poder conocer los valores correspondientes.

**Tabla 21**

*Matriz de Riesgos*

<b>PROBABILIDAD</b>	<b>MUY ALTA 90%</b>	0.09	0.27	0.45	0.63	0.81
	<b>ALTA 70%</b>	0.07	0.21	0.35	0.49	0.63
	<b>MEDIANA 50%</b>	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45
	<b>BAJA 20%</b>	0.03	0.09	0.15	0.21	0.27
	<b>MUY BAJA 10%</b>	0.01	0.03	0.05	0.07	0.09
<b>PROBABILIDAD x IMPACTO</b>		<b>MUY BAJO 10%</b>	<b>BAJA 20%</b>	<b>MEDIANA 50%</b>	<b>ALTA 70%</b>	<b>MUY ALTA 90%</b>
<b>IMPACTO</b>						

*Nota.* Esta tabla muestra la matriz de la probabilidad de impacto de un riesgo.

## Recopilación de Datos

Con base en la explicación proporcionada, se llevó a cabo la recopilación de información a través de encuestas. El objetivo principal era obtener datos relacionados con los parámetros de impacto y probabilidad de ocurrencia de los riesgos, permitiendo así evaluar la incidencia de cada uno. Es importante destacar las encuestas realizadas están vinculadas con el desglose de riesgos establecido, ya que su propósito era identificar la importancia y la incidencia de cada riesgo delineado en el RBS.

**Recopilación de datos para fractura de rocas con Speed Breaker.** En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de las encuestas realizadas.

**Tabla 22**

*Resultado de encuestas*

ITEM	RIESGO IDENTIFICADO	Pxl
1.1.1	Retraso por eliminación de material	15.00%
1.1.2	Desprendimiento de rocas por detonación	63.00%
1.1.3	Perforación del terreno con Rockdrill	35.00%
1.1.4	Mal testeo y verificación de Cápsulas Fragmentadoras	45.00%
1.1.5	Carguío incorrecto de cápsulas fragmentadoras en taladros	45.00%
1.1.6	Mala conexión en serie de cables de iniciación	35.00%
1.1.7	Anillo de seguridad incorrecto	35.00%
1.1.8	Polvo excesivo por detonación	21.00%
1.1.9	Falta de agua y electricidad para la construcción	15.00%
1.1.10	Acceso de obra deficiente	25.00%
1.1.11	Llegada tardía de materiales a obra	15.00%
1.1.12	Mala señalización de obra	25.00%
1.1.13	Daños a construcciones colindantes	35.00%
1.1.14	Formación de proyectiles rocosos por detonación	49.00%
1.1.15	Falla de primera línea de protección	35.00%
1.2.1	Incumplimiento de protocolo de fragmentación	27.00%
1.2.2	Incumplimiento del cronograma	25.00%
1.2.3	Incumplimiento de las especificaciones técnicas	25.00%
1.2.4	Aumento del presupuesto	35.00%
1.2.5	Cantidades de obra no reales	49.00%
1.2.6	Presencia de trabajos adicionales	25.00%



---

1.2.7	Aumento de costos por escasos de materiales	25.00%
1.2.8	Manejo inadecuado en el flujo de caja de obra	15.00%
1.2.9	Coordinación inadecuada con proyectista de obra	25.00%
1.2.10	Plan de gestión de emergencias inadecuado	35.00%
1.3.1	Vuelco de maquinaria	63.00%
1.3.2	Colisión entre maquinarias y/o vehículos	35.00%
1.3.3	Falta de equipos y maquinaria	35.00%
1.3.4	Avería de maquinarias y equipos	35.00%
1.3.5	Escasez de materiales	15.00%
1.3.6	Maquinaria y herramientas deficientes	35.00%
1.3.7	Baja calidad en materiales de obra	35.00%
1.3.8	No disponibilidad de materias primas	15.00%
1.4.1	Falta de mano de obra calificada	25.00%
1.4.2	Falta de Staff profesional	15.00%
1.4.3	Accidentes laborales	63.00%
1.4.4	Huelgas y paralizaciones	21.00%
1.4.5	Bajo rendimiento de obra	25.00%
1.4.6	No disponibilidad de personal obrero calificado	35.00%
1.4.7	Mal uso de recursos de obra	25.00%
1.4.8	Personal contractual incompleto en obra	25.00%
1.4.9	Accidentes en obra	63.00%
1.4.10	Inadecuada coordinación del equipo de trabajo de obra	15.00%
2.1.1	Diseños deficientes y/o incompatibles	35.00%
2.1.2	Falta de un estudio profundo del subsuelo	49.00%
2.1.3	Incompatibilidades en el expediente técnico	49.00%
2.1.4	Defectos del diseño	35.00%
2.1.5	Incorrectas vinculaciones en el cronograma	35.00%
2.1.6	Deficiencias en el presupuesto de obra	15.00%
2.1.7	Partidas de obra no complementadas en el expediente	25.00%
2.1.8	Exceso de trabajo y horas extras no previstas	15.00%
3.1.1	Multas e infracciones	21.00%
3.1.2	Falta de Licencia de Construcción	27.00%
4.1.1	Tsunami	0.00%
4.1.2	Luvias abundantes	21.00%
4.1.3	Movimientos sísmicos	21.00%
5.1.1	Falta de liquidez	15.00%
5.1.2	Sobrecostos por horas stand by	15.00%

---

*Nota.* Esta tabla muestra los resultados obtenidos mediante una recopilación de datos con Speed Breaker.

**Recopilación de datos para fractura de rocas con C. Expansivo.** En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de las encuestas realizadas.

**Tabla 23**

*Resultado de encuestas*

<b>ITEM</b>	<b>RIESGO IDENTIFICADO</b>	<b>Pxl</b>
1.1.1	Retraso por eliminación de material	15.00%
1.1.2	Desprendimiento de rocas por fragmentación	45.00%
1.1.3	Mala perforación de taladros	35.00%
1.1.4	Mal estado del Cemento Expansivo	27.00%
1.1.5	Cantidades Incorrectas de Cemento Expansivo	27.00%
1.1.6	Falta de agua y electricidad para la construcción	15.00%
1.1.7	Acceso de obra deficiente	25.00%
1.1.8	Llegada tardía de materiales a obra	15.00%
1.1.9	Mala señalización de obra	25.00%
1.1.10	Daños a construcciones colindantes	25.00%
1.1.11	Formación de proyectiles por fragmentación	15.00%
1.1.12	Falla de primera línea de protección	15.00%
1.2.1	Incumplimiento de protocolo de fragmentación	25.00%
1.2.2	Incumplimiento del cronograma	25.00%
1.2.3	Incumplimiento de las especificaciones técnicas	25.00%
1.2.4	Aumento del presupuesto	35.00%
1.2.5	Cantidades de obra no reales	49.00%
1.2.6	Presencia de trabajos adicionales	25.00%
1.2.7	Aumento de costos por escases de materiales	25.00%
1.2.8	Manejo inadecuado en el flujo de caja de obra	15.00%
1.2.9	Coordinación inadecuada con proyectista de obra	25.00%
1.2.10	Plan de gestión de emergencias inadecuado	35.00%
1.3.1	Vuelco de maquinaria	63.00%
1.3.2	Colisión entre maquinarias y/o vehículos	35.00%
1.3.3	Falta de equipos y maquinaria	35.00%
1.3.4	Avería de maquinarias y equipos	35.00%
1.3.5	Escasez de materiales	15.00%
1.3.6	Maquinaria y herramientas deficientes	35.00%

1.3.7	Baja calidad en materiales de obra	35.00%
1.3.8	No disponibilidad de materias primas	15.00%
1.4.1	Falta de mano de obra calificada	25.00%
1.4.2	Falta de Staff profesional	15.00%
1.4.3	Accidentes laborales	63.00%
1.4.4	Huelgas y paralizaciones	21.00%
1.4.5	Bajo rendimiento de obra	25.00%
1.4.6	No disponibilidad de personal obrero calificado	35.00%
1.4.7	Mal uso de recursos de obra	25.00%
1.4.8	Personal contractual incompleto en obra	25.00%
1.4.9	Accidentes en obra	63.00%
1.4.10	Inadecuada coordinación del equipo de trabajo de obra	15.00%
2.1.1	Diseños deficientes y/o incompatibles	35.00%
2.1.2	Falta de un estudio profundo del subsuelo	49.00%
2.1.3	Incompatibilidades en el expediente técnico	49.00%
2.1.4	Defectos del diseño	35.00%
2.1.5	Incorrectas vinculaciones en el cronograma	35.00%
2.1.6	Deficiencias en el presupuesto de obra	15.00%
2.1.7	Partidas de obra no complementadas en el expediente	25.00%
2.1.8	Exceso de trabajo y horas extras no previstas	15.00%
3.1.1	Multas e infracciones	21.00%
3.1.2	Falta de Licencia de Construcción	27.00%
4.1.1	Tsunami	0.00%
4.1.2	Luvias abundantes	21.00%
4.1.3	Movimientos sísmicos	21.00%
5.1.1	Falta de liquidez	15.00%
5.1.2	Sobrecostos por horas stand by	15.00%

*Nota.* Esta tabla muestra los resultados obtenidos mediante una recopilación de datos con cemento expansivo.

### **Plan de Respuesta a los riesgos**

Después de llevar a cabo el análisis de riesgos, se consideró esencial desarrollar un plan de respuesta para los riesgos y así gestionar los posibles efectos de los mismos. En este proceso, nos centramos especialmente en los riesgos con incidencia Media y Alta. En cuanto a los riesgos de incidencia baja, se adoptó la estrategia de aceptarlos, dado su limitado impacto.

**Plan de respuesta a los riesgos en la fractura de rocas con Speed Breaker.** En el procedimiento fractura de roca usando speed breaker, se determinaron 41 riesgos de nivel medio - alto, de los cuales se escogieron 9, siendo los más relevantes para este estudio. Buscando una estrategia adecuada para una posterior respuesta y encontrando un responsable para cada riesgo.

**Tabla 24**

*Riesgos identificados con incidencia media – alta.*

<b>ITEM</b>	<b>RIESGO IDENTIFICADO</b>	<b>Pxl</b>
1.1.2	Desprendimiento de rocas por detonación	63.00%
1.1.14	Formación de proyectiles por detonación	49.00%
1.1.5	Carguío incorrecto de capsulas fragmentadoras en taladros	45.00%
1.1.4	Mal testeo y verificación de cápsulas fragmentadoras	45.00%
1.1.6	Mala conexión en serie de cables de iniciación	35.00%
1.1.15	Falla de primera línea de protección	35.00%
1.1.7	Anillo de seguridad incorrecto	35.00%
1.1.13	Daños a construcciones colindantes	35.00%
1.2.1	Incumplimiento de protocolo de fragmentación	27.00%
1.1.8	Polvo excesivo por detonación	21.00%

*Nota.* En esta tabla se muestra los riesgos identificados en orden descendiente para el uso del Speed Breaker.

**Tabla 25***Plan de respuestas de riesgos.*

<b>ITEM</b>	<b>RIESGO IDENTIFICADO</b>	<b>ESTRATEGIA</b>	<b>RESPUESTA</b>	<b>RESPONSABLE</b>
1.1.2	Desprendimiento de rocas por detonación	Mitigar	Se utilizará la primera línea de protección contra caída de rocas con barrera de madera.	Supervisor de seguridad
1.1.14	Formación de proyectiles por detonación	Mitigar	Se utilizará la segunda línea de protección contra proyectiles de rocas con malla Raschel.	Supervisor de seguridad
1.1.5	Carguío incorrecto de capsulas de fragmentación en taladros	Evitar	Realizar el seguimiento y control desde la perforación de manera que cumplan las especificaciones técnicas.	Supervisor técnico
1.1.4	Mal testeo y verificación de cápsulas fragmentadoras	Transferir	Transferir el riesgo del mal testeo y verificación al proveedor de las capsulas fragmentadoras.	Proveedor
1.1.6	Mala conexión en serie de cables de iniciación	Evitar	Se requiere realizar un seguimiento de las actividades cumpliendo con lo especificado.	Supervisor técnico
1.1.15	Falla de primera línea de protección	Mitigar	Se utilizará la tercera línea de protección contra caída de rocas con montículo de arena.	Supervisor de seguridad

1.1.7	Anillo de seguridad incorrecto	Evitar	Seguir las consideraciones de seguridad brindadas por un especialista en riesgos.	Supervisor de seguridad
1.1.13	Daños a construcciones colindantes	Mitigar	Supervisión de manera constante durante la ejecución de la obra.	Supervisor de seguridad
1.2.1	Incumplimiento de protocolo de fragmentación	Mitigar	Realizar charlas preventivas para los trabajadores.	Jefe de proyecto
1.1.8	Falta de mitigación de polvo post fractura	Mitigar	Habilitar la zona con supervisión de un jefe responsable con la finalidad de evitar retrasos.	Ingeniero de producción

*Nota.* Esta tabla indica las respuestas ante un posible riesgo en un proyecto aplicando el Speed Breaker.

**Plan de respuesta a los riesgos en la fractura de rocas con Cemento Expansivo.** En el procedimiento fractura de roca usando cemento expansivo, se determinaron 41 riesgos de nivel alto, de los cuales se escogieron 10, siendo los más relevantes para este estudio. Buscando una estrategia adecuada para una posterior respuesta y encontrando un responsable para cada riesgo.

**Tabla 26**

*Riesgos identificados con incidencia media – alta.*

ITEM	RIESGO IDENTIFICADO	Pxl
1.1.2	Desprendimiento de rocas por fragmentación	45.00%
1.1.3	Mala perforación de taladros	35.00%
1.1.4	Mal estado del cemento expansivo	27.00%
1.1.5	Cantidades incorrectas de cemento expansivo	27.00%
1.1.10	Daños a construcciones colindantes	25.00%
1.2.1	Incumplimiento del protocolo de fragmentación	25.00%

*Nota.* En esta tabla se muestra los riesgos identificados en orden descendiente para el uso con Cemento Expansivo.

**Tabla 27***Plan de respuestas de riesgos.*

ITEM	RIESGO IDENTIFICADO	ESTRATEGIA	RESPUESTA	RESPONSABLE
1.1.2	Desprendimiento de rocas por fragmentación	Mitigar	Se utilizará la primera línea de protección contra caída de rocas con barrera de madera.	Supervisor de seguridad
1.1.3	Mala perforación de taladros	Evitar	Asegúrate de que quienes estén realizando la perforación de taladro estén adecuadamente capacitados en el manejo del equipo y en las técnicas de perforación seguras.	Operador de perforadora hidráulica
1.1.4	Mal estado del cemento expansivo	Transferir	Transferir el riesgo de la mala calidad y verificación al proveedor del cemento expansivo.	Proveedor
1.1.5	Cantidades incorrectas de cemento expansivo	Evitar	Antes de comenzar el proceso de llenado, realiza cálculos precisos para determinar la cantidad exacta de cemento expansivo requerida para cada taladro.	Supervisor técnico
1.1.10	Daños a construcciones colindantes	Mitigar	Supervisión de manera constante durante la ejecución de la obra.	Supervisor de seguridad
1.2.1	Incumplimiento del protocolo de fragmentación	Mitigar	Realizar charlas diarias preventivas para los trabajadores.	Jefe de proyecto

*Nota.* En esta tabla indica las respuestas ante un posible riesgo en un proyecto aplicando el Cemento Expansivo.



## Análisis De Resultados en el Plan de Riesgos

Una vez completadas las encuestas, se procedió a calcular la incidencia de cada tipo de riesgo. Es importante recordar que estos cálculos se basan en la probabilidad e impacto obtenidos a través del proceso de recolección de datos.

**Tabla 28**

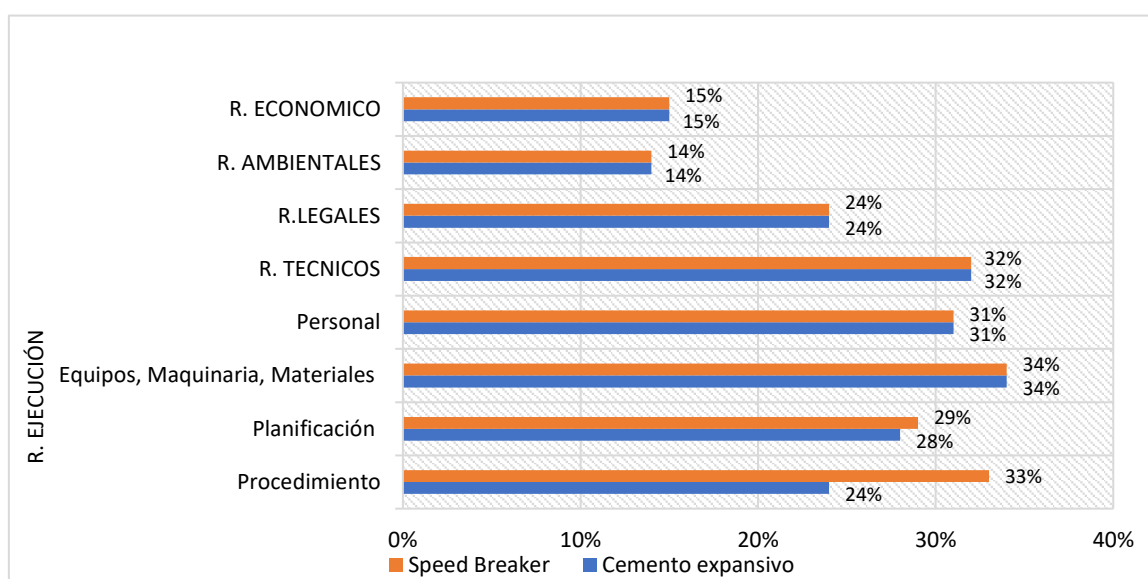
*Incidencia del riesgo de propuestas*

Riesgo Identificado	Cemento expansivo	Speed breaker
R. EJECUCIÓN		
Procedimiento	24%	33%
Planificación	28%	29%
Equipos, Maquinaria y Materiales	34%	34%
Personal	31%	31%
R. TECNICOS	32%	32%
R. LEGALES	24%	24%
R. AMBIENTALES	14%	14%
R. ECONOMICO	15%	15%

En este contexto, se observó que los riesgos tienen una mayor relevancia en los aspectos técnicos y de ejecución. Por otro lado, los riesgos ambientales, tienen una menor relevancia en términos de probabilidad y efectos en la obra. La distribución de la incidencia se detalla según las subdivisiones correspondientes.

**Figura 177**

*Porcentaje de riesgos de las propuestas.*



## **Análisis comparativo de la productividad en la fractura de roca**

La comparativa de la productividad de estos dos métodos de fragmentación de roca, se basan en los costos, tiempo y riesgos. Siendo un enfoque que se usa comúnmente para medir la eficiencia y la eficacia de las operaciones o procesos de alguna actividad.

Se consideraron los siguientes puntos para poder analizar la productividad:

- Costo por unidad de producción o servicio
- Análisis del costo laboral por unidad de tiempo
- Análisis del tiempo de ciclo
- Análisis de la utilización de recursos
- Análisis de la relación costo-beneficio
- Comparaciones temporales
- Análisis de riesgos por cada método

En la siguiente tabla, se muestra un cuadro comparativo con los puntos de análisis de cada método de fragmentación de rocas.

**Tabla 29**

*Cuadro comparativo*

<b>DESCRIPCION</b>	<b>SPEED BREAKER</b>	<b>CEMENTO EXPANSIVO</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>	S/ 2,024,918.80	S/ 4,500,339.12
<b>TIEMPO</b>	131 días	204 días
<b>RIESGO DE EJECUCIÓN</b>	32.10%	29.30%

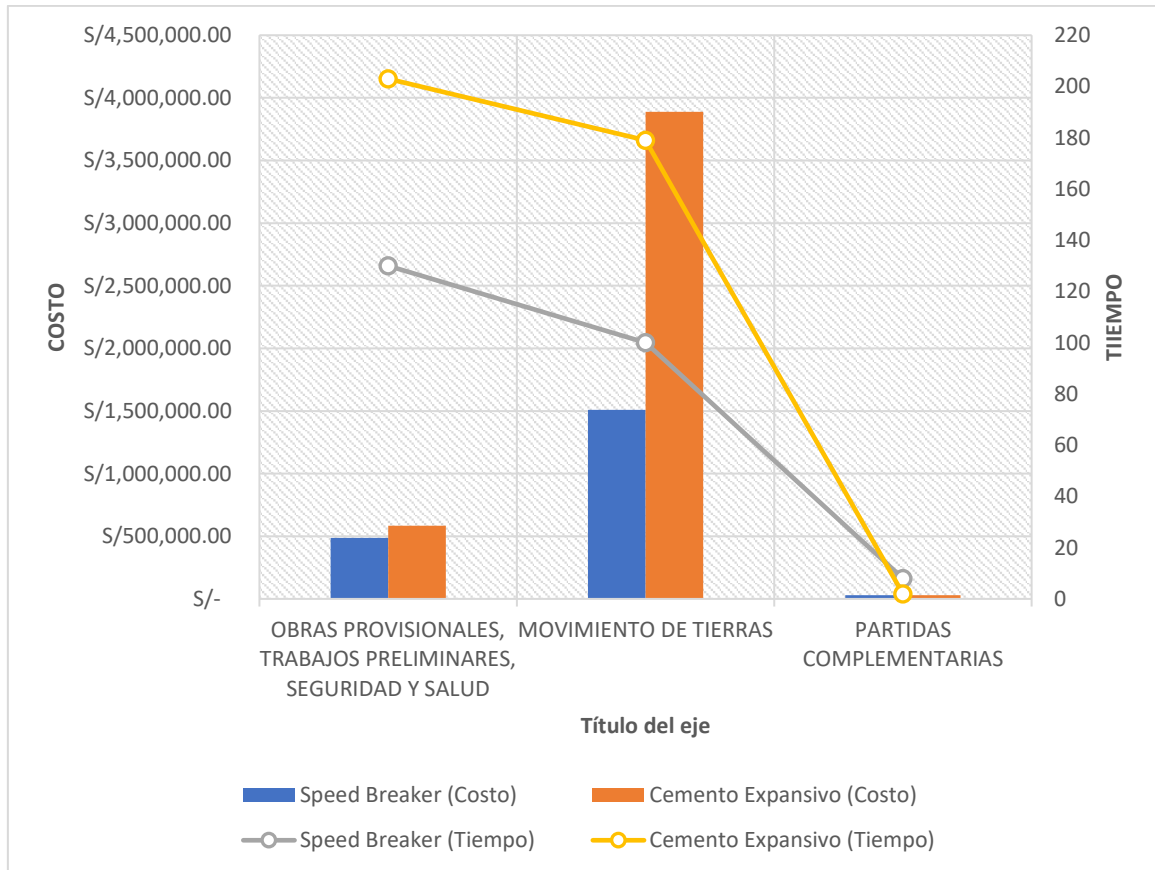
*Nota.* Esta tabla muestra la comparación del costo, tiempo y riesgo de cada propuesta para la fractura de roca.

Una vez elaborado cada componente para el análisis respectivo, podemos realizar su comparativa y verificar la productividad de cada método utilizado en la

fragmentación de rocas. Identificando el método que puede generar una mayor rentabilidad, como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 188**

*Gráfico representativo del costo – tiempo.*



*Nota. El gráfico representa el costo – tiempo de cada propuesta.*

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### **Análisis de resultados en la Gestión de Costos**

De acuerdo a los datos del proyecto realizado, se deduce que usando el Speed Breaker, se tiene un costo de S/.3,047,796.05, mientras que para el cemento expansivo se tiene un costo de S/.6,500,295.77. Interpretándose que los costos de ambas propuestas tienen una diferencia en el 68.79% de los costos, teniendo más presupuesto en el cemento expansivo. Al comparar estos datos con la tesis de Geldres (2021) "*Implementación y validación del cemento expansivo para la demolición de pavimentos rígidos, caso Avenida 9 de diciembre, Coracora, Ayacucho 2021*", presenta que en 100 m de pavimento existe 135 m<sup>3</sup> de concreto, para lo cual en su demolición se usó cemento expansivo y demolición tradicional. La diferencia en sus costos fue de S/.96,374.27 y S/.154,750.50 respectivamente, con una diferencia en costos del 62.28% dando a conocer para este proyecto una mayor efectividad con el cemento expansivo.

### **Análisis de resultados en la Gestión de tiempo**

Con respecto a nuestro antecedente de la tesis "*Propuesta de plan gestión de riesgos para la ejecución del sistema de estabilización de soil nailing y muro de contención en el acantilado de la costa verde - Miraflores*" desarrollada en la Universidad San Ignacio de Loyola, menciona que, sin considerar ningún riesgo, la duración del proyecto es de 57 días. Sin embargo, al presentarse riesgos de alta prioridad, la duración estimada será de 8 días. Con esto se concluye que para un nivel de confianza del 90%, se requieren 32 días adicionales. Con respecto a nuestro proyecto, se puede deducir que, aplicando el cemento expansivo, se cuenta con una finalización del proyecto en 204 días, mientras que haciendo uso el Speed Breaker, se culmina el proyecto en 131 días. Esto demuestra una efectividad en cuánto a tiempo y costo del uso del Speed Breaker sobre el cemento expansivo.

### **Análisis de resultados en el Plan de Riesgos**

Con respecto a nuestro antecedente de la tesis "*Propuesta de plan gestión de riesgos para la ejecución del sistema de estabilización de soil nailing y muro de contención en el acantilado de la costa verde - Miraflores*" desarrollada en la Universidad San Ignacio de Loyola, menciona que dicho proyecto se identificaron 21 riesgos de ejecución, 2 riesgos de aspecto técnico, 2 riesgos de aspecto legal, 1 riesgo de aspecto ambiental y 2 riesgos de aspecto económico, habiendo un total de 28 riesgos. Para lo cual, se dividió en una probabilidad de ocurrencia, donde se identificó que el 32% de estos riesgos es muy probable que ocurran durante la ejecución, el 11% es probable que ocurra, el 25% es moderadamente probable que suscite, el 29% es poco probable que suceda y finalmente el 3% es no probable que suceda. Con respecto a nuestro proyecto, se puede deducir que se identificaron alrededor de 55 riesgos, los cuales se dividen en 40 para la ejecución, 8 para riesgos técnicos, 2 para legales, 3 para ambientales y 2 para económicos. En cuanto al cemento expansivo y speed breaker, este último tiene mayor incidencia de riesgos en cuanto a la ejecución (procedimiento) obteniendo un 33% por encima del cemento expansivo.

### **Análisis de resultados**

Con respecto al antecedente de la tesis "*Optimización de la fragmentación en las rocas con la aplicación de cápsulas plasma en el Tajo Santa Rosa de la Empresa Administradora Cerro S.A.C. Cerro de Pasco*", desarrollado en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, menciona que el plasma está diseñado principalmente para que se use en sectores de características geomecánicas de mediana y baja competencia, esto se debe a que este producto no posee la misma energía para fragmentar rocas con durezas elevadas. A comparación de nuestra tesis, el Speed Breaker posee cualidades para romper rocas en minería, obra civil, fluvial, marítima y túneles; aumentando la producción y reduciendo los tiempos de trabajo hasta un 80 % frente al cemento expansivo.

## CONCLUSIONES

1. En la investigación, tanto el speed breaker como el cemento expansivo demostraron ser métodos efectivos para la fracturación de rocas, sin ocasionar daños colaterales significativos ni vibraciones pronunciadas.
2. Se obtuvo que, los resultados del modelamiento indican que al aplicar el Speed Breaker se logra cubrir un área de seis plataformas por cada sección, generando un volumen de corte total de 16,182.59 m<sup>3</sup>. Por otro lado, el uso de cemento expansivo abarca dieciséis plataformas por sección, con un volumen de corte de 16,092.74 m<sup>3</sup>. Destacando el speed breaker por abarcar un mayor volumen de fracturación.
3. Se determinó que, para la opción de fractura de roca con speed breaker, se estima un presupuesto de 3,047,796.05 soles, con un tiempo de programación de obra de 131 días. Sin embargo, es importante destacar que este método conlleva una mayor cantidad de riesgos específicos en comparación con otras opciones disponibles.
4. Se concluye que, para la opción de fractura de roca con cemento expansivo, se estima un presupuesto de 6,500,295.77 soles, con un tiempo de programación de obra de 204 días. Además, se observa una menor cantidad de riesgos específicos asociados con este método en comparación con otras alternativas evaluadas.
5. Se encontró que, al analizar la planificación de riesgos, el Speed Breaker presenta un promedio en riesgos de ejecución del 32.10%, mientras que el cemento expansivo muestra un promedio en riesgos de ejecución del 29.30%.
6. Finalmente, se considera que, después de haber realizado el análisis de la productividad en la fractura de roca, el método con speed breaker es más eficiente en su procedimiento, con la desventaja que presenta mayor porcentaje de riesgos en su ejecución, mientras que el método con cemento expansivo es menos óptimo, pero con la principal ventaja de ser menos riesgoso en su ejecución.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda complementar la investigación con un modelo de gestión de riesgos, para poder evaluar a fondo que fragmentador tiene menor impacto en la fractura de rocas.
- Se recomienda realizar el análisis con otros fragmentadores de roca como el plasma, entre otros.
- Se recomienda usar diámetros de hasta 40mm para poder contener de manera correcta la fuerza expansiva que ejerce el de cemento expansivo.
- Se recomienda la elaboración de un plan de contingencia para cada método de fractura de roca.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beraun K. (2019). *Análisis comparativo y evaluación técnica económica de los explosivos Heavy Anfo y Emulsión Fortis Advantage 100 gasificada para la fragmentación en el tajo norte del nivel 4336-Sociedad Minera El Brocal Colquijirca 2018*. [Tesis para optar el grado de Título de Ingeniero de Minas, Universidad Continental – Huancayo].
- Builes J, Díaz J y Guarín M. (2012). *Análisis y diseño de la operación de perforación y voladuras en minería de superficie empleando el enfoque de la programación estructurada*. Medellín, Colombia.  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/30381>
- Diaz-Martinez J., Guarín M., Jiménez J. (2012). *Análisis y diseño de la operación de perforación y voladuras en minería de superficie empleando el enfoque de la programación estructurada*. Medellín, Colombia.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169525406003>
- Drizoro Construction Products (2015) *Cemento de fraguado expansivo de alta seguridad para demoliciones sin detonación*.  
<https://www.drizoro.com/documentos/Fichas/maxmorterexpansive.pdf>
- Fyfe, C. (1981) *Geología de los cuadrángulos de Río Pinquén, Pilcopata, Quincemil, Masuco y Ayapata*. Lima, Perú  
[file:///C:/Users/USER/Downloads/L039-Geologia\\_cuadrangulos\\_Rio\\_Pinquen....pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/L039-Geologia_cuadrangulos_Rio_Pinquen....pdf)



- García, A (2011). *Productividad y Reducción de costos*. México: Editorial Trillas.  
<https://sbiblio.uandina.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=14639>
- Geldres, A. (2021). *Implementación y validación del cemento expansivo para la demolición de pavimentos rígidos, caso Avenida 9 de diciembre, Coracora, Ayacucho 2021*. [Tesis para optar el grado de Titulo en Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/83863>
- Gonzales A y Vilca J (2024). *Optimización de la fragmentación en las rocas con la aplicación de cápsulas plasma en el Tajo Santa Rosa de la Empresa Administradora Cerro S.A.C. Cerro de Pasco*. Lima, Perú [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Gestión Minera, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]  
[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/657598/Gonzales\\_SA.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/657598/Gonzales_SA.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Instituto Geológico y Minero de España (1994). *Acceso a la información Geocientífica del IGME*. <https://www.igme.es/>
- Iñiguez D, (2020). *Velocidad de Corte en Rocas y su relación con la Resistencia a la Compresión Simple*. [Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero en Minas, Universidad del Azuay].  
<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9967/1/15597.pdf>
- Pérez A. (2023). *La ausencia de planificación urbana en Lima a partir de la tradición “Un cerro que tiene historia” de Ricardo Palma*. Lima, Perú.

[https://revistas.urp.edu.pe/index.php/El\\_Palma\\_de\\_la\\_Juventud/article/view/5558](https://revistas.urp.edu.pe/index.php/El_Palma_de_la_Juventud/article/view/5558)

PMBOK (2017). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos – Sexta edición*. [https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/pmbok-standards/pmbok-guide-6th-errata.pdf?rev=66712958a62647f6b285b3f24cf29dc4&sc\\_lang=temp=es-ES](https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/pmbok-standards/pmbok-guide-6th-errata.pdf?rev=66712958a62647f6b285b3f24cf29dc4&sc_lang=temp=es-ES)

Robles, L y Cajaleon, R (2022). *Utilización de un Agente Demolidor Sustituido En Un 20% con Vidrio Molido, para la Fracturación de Rocas en la zona de Jancao Alto- La Esperanza-Huanuco-2021*. [Tesis para optar el grado de Título de Ingeniería Civil, Universidad Nacional Hermilio Valdizan – Huánuco].

<https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/7526/TI000287R71.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rock Fracturing Company (2022). Lima, Perú.

<https://www.universidadperu.com/empresas/rock-fracturing-company.php>

Rojas F. (2021). *Estimación de la fragmentación producto de la tronadura de rocas en minería a cielo abierto utilizando modelos predictivos y algoritmos de regresión*. [Informe de Memoria de Título, Universidad de Concepción]. <http://repositorio.udec.cl/xmlui/handle/11594/9092>

Solier, R y Vento L (2021). *Propuesta de plan de gestión de riesgos para la ejecución del sistema de estabilización de Soil Nailing y muro de contención en el acantilado de la costa Verde – Miraflores*. Lima, Perú. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad San

Ignacio de Loyola]

file:///C:/Users/USER/Downloads/2021\_Solier%20Ramos%20(2).pdf

Statista Research Department (2024). *América Latina y el Caribe – Datos estadísticos*. <https://es.statista.com/temas/5605/america-latina-y-el-caribe/#topicOverview>

Suárez (2005). *Costo y tiempo en edificación*. Noriega Editores

<https://ingenierosciviles.com.mx/Biblioteca/files/original/750c670662e39713bff477f6d3ea9ce8.pdf>

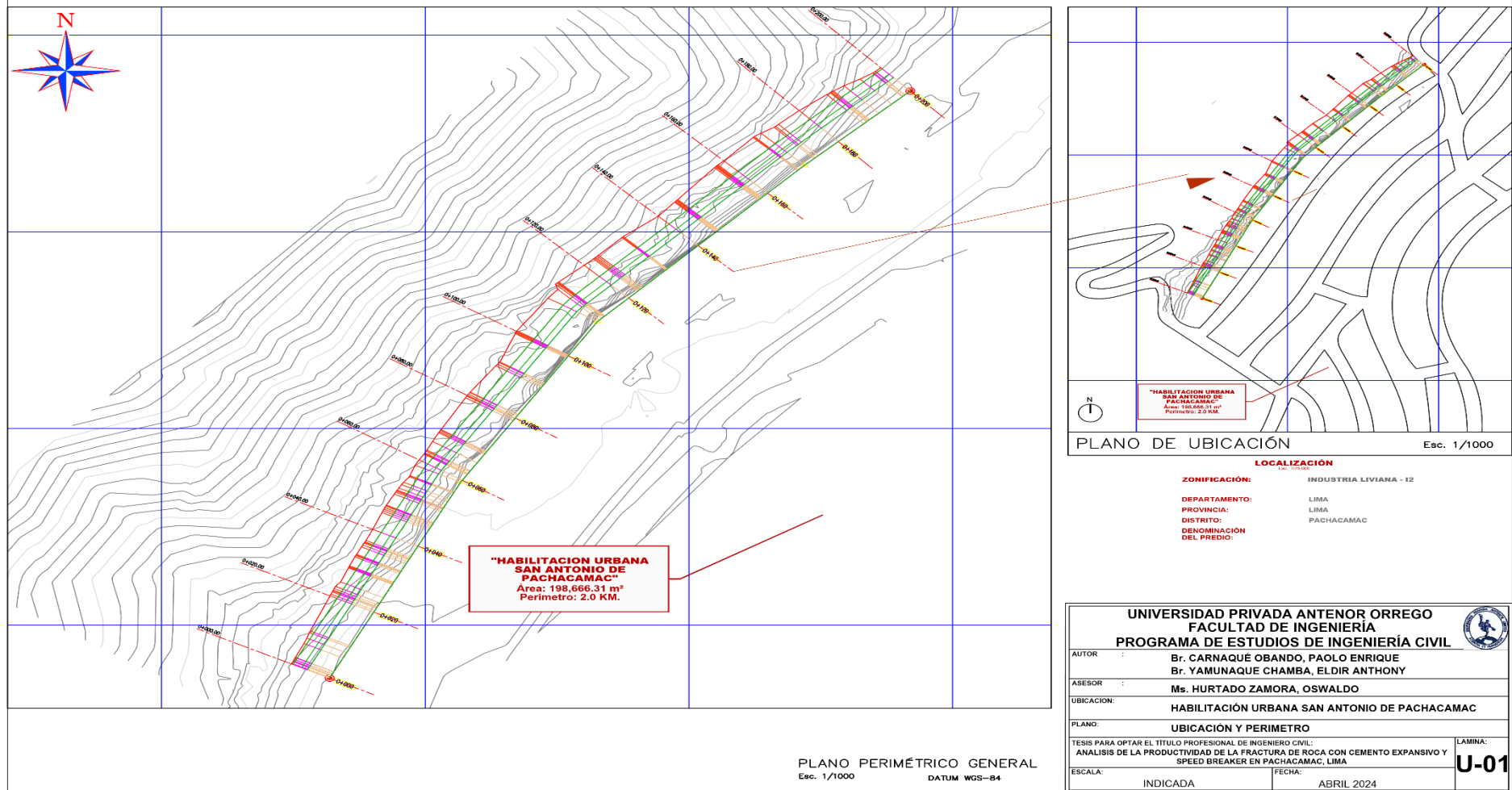
Trejo, A. (2022) *Implementación de las dimensiones 4D y 5D del BIM en un proyecto inmobiliario durante la etapa de casco estructural*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]

[https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/22169/TREJO\\_PONTE\\_ANTHONY\\_IMPLEMENTACION\\_DIMENSIONES\\_4D.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/22169/TREJO_PONTE_ANTHONY_IMPLEMENTACION_DIMENSIONES_4D.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ureta M, Urrestarazu J y Simón A. (2010). *Demolición y rotura de rocas con cementos expansivos*. <https://pdfcoffee.com/demolicion-y-rotura-de-rocas-con-cementos-expansivos-4-pdf-free.html>

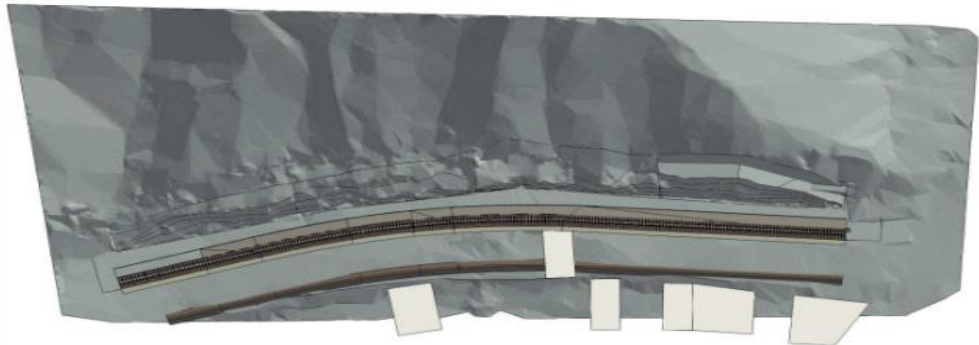
# ANEXOS

## Anexo 1 Plano de Ubicación.

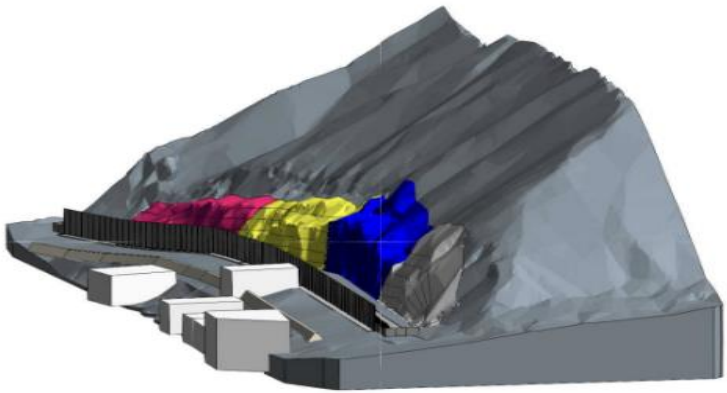


**Anexo 2**

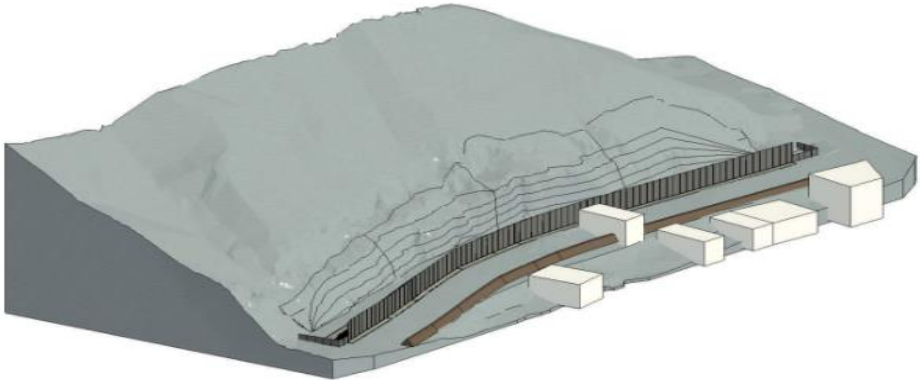
*Vista de Modelado.*




**VISTA EN PLANTA**



**VISTA 3D LADO DERECHO**

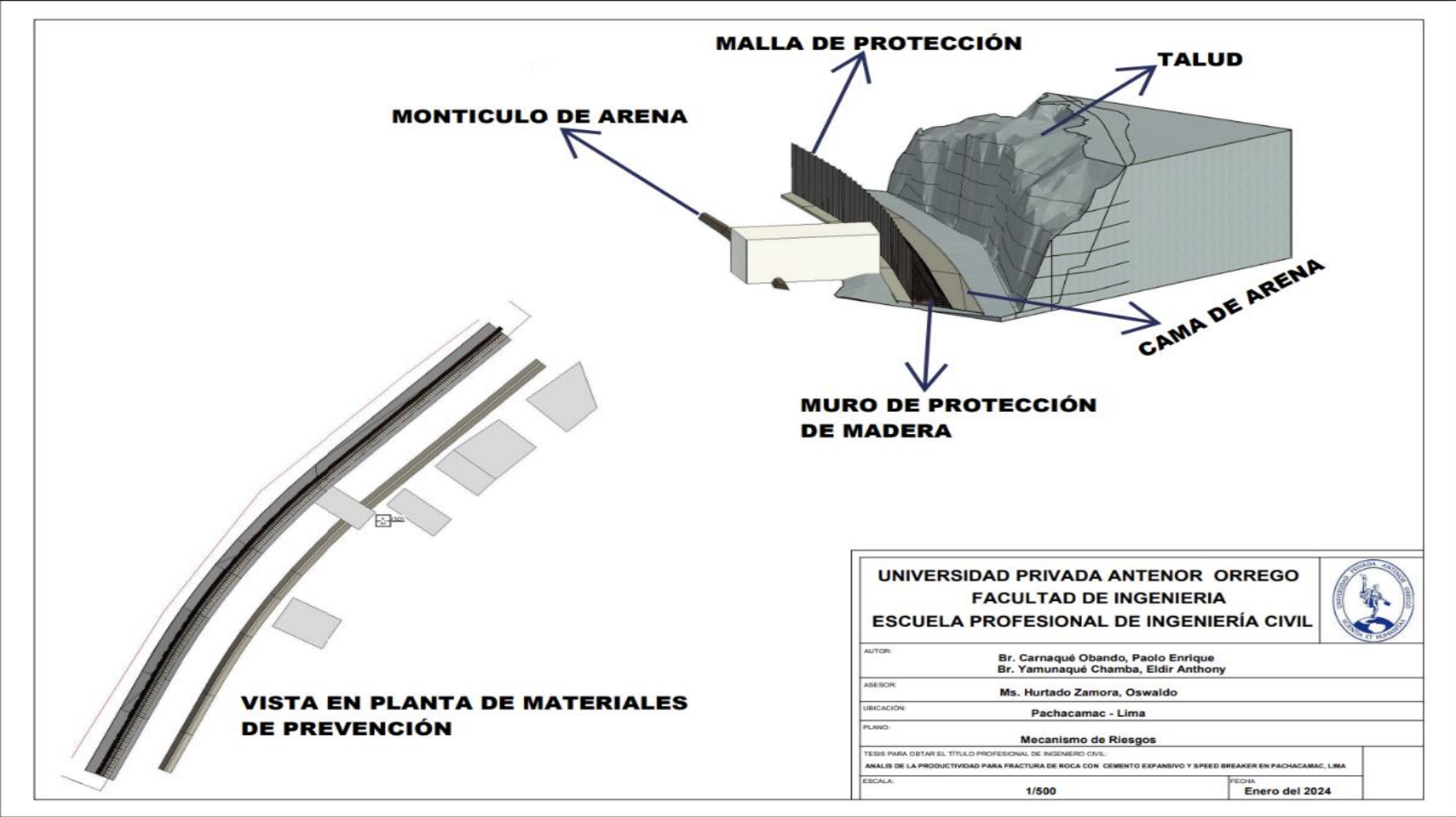


**VISTA 3D LADO IZQUIERDO**

<b>UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
AUTOR:	Br. Carnaqué Obando, Paolo Enrique Br. Yamunaqué Chamba, Eldir Anthony	
ASESOR:	Ms. Hurtado Zamora, Oswaldo	
UBICACIÓN:	Pachacamac - Lima	
PLANO:	Vistas	
TESIS PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL: ANALISIS DE LA PRODUCTIVIDAD PARA FRACTURA DE ROCA CON CEMENTO EXPANSIVO Y SPEED BREAKER EN PACHACAMAC, LIMA		
ESCALA:	1/500	FECHA: Enero del 2024

Anexo 3

Mecanismos de riesgo.



## Anexo 4

### Presupuesto detallado aplicando Speed Breaker

<b>PRESUPUESTO DETALLADO (SPEED BREAKER)</b>						
<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Importe S/.</b>	
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD</b>					
<b>1.01</b>	<b>CONSTRUCCIONES PROVISIONALES</b>					
01.01.01	Cartel de Obra (4.80 m x 2.40 m)	und	1.00	2,036.61	2,036.61	
01.01.02	Comedor, vestuarios, caseta de guardiana y cerco con malla raschel	glb	1.00	33,869.75	33,869.75	
01.01.03	Oficinas, almacén y servicios portátiles para la obra	mes	6.00	5,825.42	34,952.52	
<b>1.02</b>	<b>INSTALACIONES PROVISIONALES</b>					
1.02.01	Acondicionamiento para las instalaciones eléctricas provisionales	glb	1.00	7,279.19	7,279.19	
1.02.02	Grupo electrógeno	mes	6.00	5,301.05	31,806.30	
1.02.03	Agua para construcción (consumo humano).	mes	5.25	1,509.06	7,922.57	
<b>1.03</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO</b>					
1.03.01	Exámenes médicos ocupacionales	und	30.00	250.00	7,500.00	
1.03.02	Equipos de protección personal (EPPS)	glb	1.00	18,760.00	18,760.00	
1.03.03	Equipos de protección colectiva	mes	5.25	3,304.00	17,346.00	
1.03.05	Vigilancia permanente en obra	mes	5.25	7,290.00	38,272.50	
1.03.04	Mitigación de impacto ambiental	mes	5.25	7,950.13	41,738.18	
<b>1.04</b>	<b>MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS</b>					
01.02.01	Movilización y desmovilización de equipos	glb	1.00	16,959.84	16,959.84	
<b>1.05</b>	<b>TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO</b>					
1.05.01	Trazo y replanteo preliminar de obra	glb	1.00	1,373.72	1,373.72	
1.05.02	Acompañamiento topográfico durante la obra	mes	5.25	13,931.20	73,138.80	
<b>1.06</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					
1.06.01	Retiro de adoquines de vía existente	m2	1,134.00	6.74	7,643.16	
1.06.02	Cama de arena contra caída de rocas sobre vía existente	m3	340.20	8.77	2,983.55	
1.06.03	Primera línea de protección contra caídas de rocas con barrera de madera	m	200.00	506.67	101,334.00	
1.06.04	Segunda línea de protección contra caídas de rocas con malla Raschel h=7.2 m	m	200.00	165.54	33,108.00	
1.06.05	Tercera línea de protección contra caídas de rocas con montículo de arena.	m3	887.80	9.28	8,238.78	
1.06.06	Cerco provisional de obra con malla raschel y palos de eucalipto	m	40.00	38.62	1,544.80	

<b>2</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
<b>2.01</b>	<b>CORTE EN ROCA FIJA</b>				
2.01.01	Corte de roca con excavadora (habilitación de accesos)	m3	3,280.15	97.87	321,028.28
2.01.02	Perforación de roca con equipo	m3	12,902.44	34.88	450,037.11
2.01.03	Fragmentación de roca con Speed Breaker	m3	12,902.44	14.00	180,634.16
2.01.04	Limpieza de roca fragmentada	m3	12,902.44	9.37	120,895.86
2.01.06	Desquinche de talud de roca	m2	5,233.21	15.04	78,707.49
<b>2.02</b>	<b>ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE CORTE</b>				
2.01.05	Acopio Interno de material de corte	m3	16,182.59	6.70	108,423.35
2.02.01	Carguío y transporte interno de material a zona de acopio D<1km	m3	16,182.59	15.36	248,564.58
<b>3</b>	<b>PARTIDAS COMPLEMENTARIAS</b>				
3.03	Reposición de vía existente de adoquines	m2	1,134.00	23.86	27,057.24
3.06	Limpieza final de obra	glb	1.00	1,762.45	1,762.45
	<b>COSTO DIRECTO S/.</b>				<b>2,024,918.80</b>
	GASTOS GENERALES			22.54%	406,090.30
	UTILIDAD			7.50%	151,868.91
	<b>SUB TOTAL S/.</b>				<b>2,582,878.01</b>
	IGV.			18.00%	464,918.04
	<b>TOTAL, S/.</b>				<b>3,047,796.05</b>



## Anexo 5

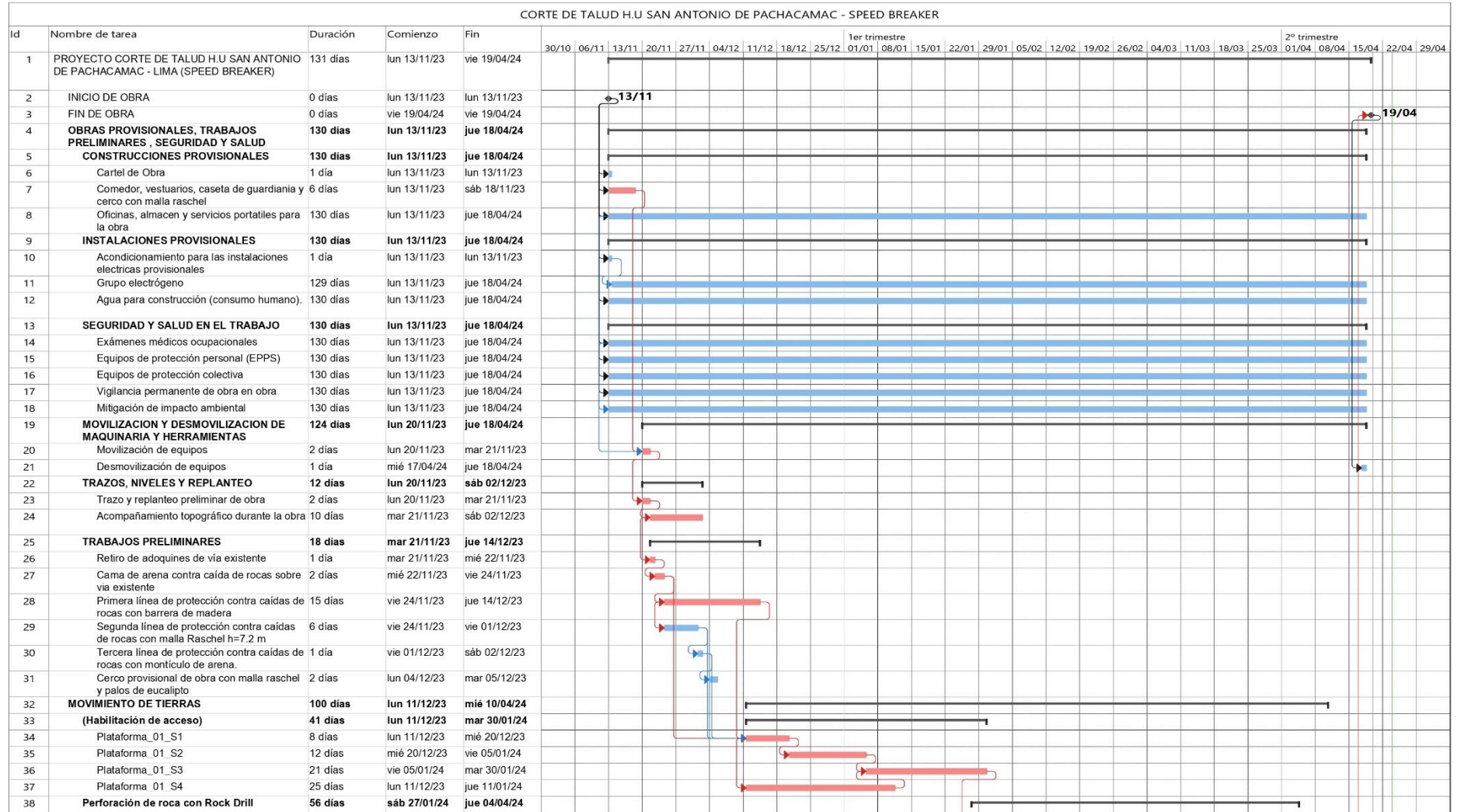
### Presupuesto detallado aplicando Cemento Expansivo

<b>PRESUPUESTO DETALLADO APLICANDO CEMENTO EXPANSIVO</b>					
<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Importe S/.</b>
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD</b>				
<b>1.01</b>	<b>CONSTRUCCIONES PROVISIONALES</b>				
01.01.01	Cartel de Obra (4.80 m x 2.40 m)	und	1.00	2,036.61	2,036.61
01.01.02	Comedor, vestuarios, caseta de guardianía y cerco con malla raschel	glb	1.00	33,869.75	33,869.75
01.01.03	Oficinas, almacén y servicios portátiles para la obra	mes	9.00	5,825.42	52,428.78
<b>1.02</b>	<b>INSTALACIONES PROVISIONALES</b>				
1.02.01	Acondicionamiento para las instalaciones eléctricas provisionales	glb	1.00	7,279.19	7,279.19
1.02.02	Grupo electrógeno	mes	8.20	5,301.05	43,468.61
1.02.03	Agua para construcción (consumo humano).	mes	8.20	1,509.06	12,374.29
<b>1.03</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO</b>				
1.03.01	Exámenes médicos ocupacionales	und	30.00	250.00	7,500.00
1.03.02	Equipos de protección personal (EPPS)	glb	1.00	18,760.00	18,760.00
1.03.03	Equipos de protección colectiva	mes	8.20	3,304.00	27,092.80
1.03.05	Vigilancia permanente en obra	mes	8.20	7,290.00	59,778.00
1.03.04	Mitigación de impacto ambiental	mes	8.20	7,950.13	65,191.07
<b>1.04</b>	<b>MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS</b>				
01.02.01	Movilización y desmovilización de equipos	glb	1.00	16,959.84	16,959.84
<b>1.05</b>	<b>TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO</b>				
1.05.01	Trazo y replanteo preliminar de obra	glb	1.00	1,373.72	1,373.72
1.05.02	Acompañamiento topográfico durante la obra	mes	8.20	13,931.20	114,235.84
<b>1.06</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
1.06.01	Retiro de adoquines de vía existente	m2	1,134.00	6.74	7,643.16
1.06.02	Cama de arena contra caída de rocas sobre vía existente	m3	340.20	8.77	2,983.55
1.06.03	Primera línea de protección contra caídas de rocas con barrera de madera	m	200.00	506.67	101,334.00
1.06.04	Cerco provisional de obra con malla raschel y palos de eucalipto	m	40.00	38.62	1,544.80
1.06.05	Tercera línea de protección contra caídas de rocas con montículo de arena.	m3	887.80	9.28	8,238.78

<b>2</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
<b>2.01</b>	<b>CORTE EN ROCA FIJA</b>				
2.01.01	Corte de roca con excavadora (habilitación de accesos)	m3	3,279.23	97.87	320,938.24
2.01.02	Perforación de roca con equipo	m3	12,813.51	103.16	1,321,841.69
2.01.03	Fragmentación de roca con cemento expansivo	m3	12,813.51	129.29	1,656,658.71
2.01.04	Limpieza de roca fragmentada	m3	12,813.51	12.04	154,274.66
2.01.06	Desquinche de talud de roca	m2	5,233.21	15.04	78,707.49
<b>2.02</b>	<b>ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE CORTE</b>				
2.01.05	Acopio Interno de material de corte	m3	16,092.74	6.70	107,821.36
2.02.01	Carguío y transporte interno de material a zona de acopio D<1km	m3	16,092.74	15.36	247,184.49
<b>3</b>	<b>PARTIDAS COMPLEMENTARIAS</b>				
3.03	Reposición de vía existente de adoquines	m2	1,134.00	23.86	27,057.24
3.06	Limpieza final de obra	glb	1.00	1,762.45	1,762.45
	<b>COSTO DIRECTO S/.</b>				<b>4,500,339.12</b>
	GASTOS GENERALES			23.59%	670,860.67
	UTILIDAD			7.50%	337,525.43
	<b>SUB TOTAL S/.</b>				<b>5,508,725.23</b>
	IGV.			18.00%	991,570.54
	<b>TOTAL, S/.</b>				<b>6,500,295.77</b>

## ANEXO 6

### Cronograma de obra aplicando Speed Breaker.



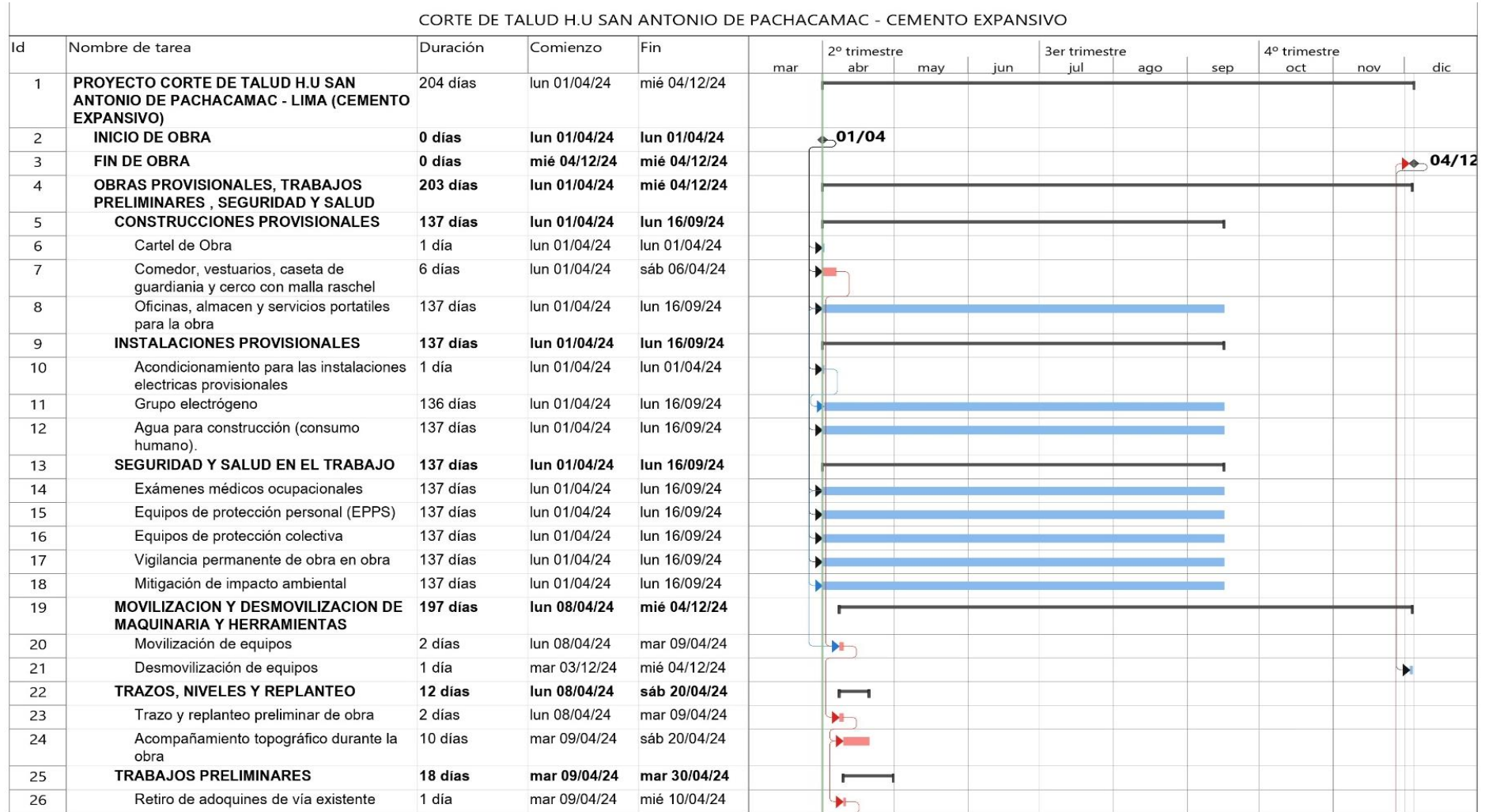






## ANEXO 7

### Cronograma de obra aplicando Cemento Expansivo.



CORTE DE TALUD H.U SAN ANTONIO DE PACHACAMAC - CEMENTO EXPANSIVO

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Gantt Chart											
					mar	2º trimestre			3er trimestre			4º trimestre				
					abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic			
27	Cama de arena contra caída de rocas sobre via existente	2 días	mié 10/04/24	vie 12/04/24												
28	Primera línea de protección contra caídas de rocas con barrera de madera	15 días	vie 12/04/24	mar 30/04/24												
29	Cerco provisional de obra con malla raschel y palos de eucalipto	5 días	vie 12/04/24	jue 18/04/24												
30	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	<b>179 días</b>	<b>vie 26/04/24</b>	<b>mar 03/12/24</b>												
31	<b>(Habilitación de acceso)</b>	<b>41 días</b>	<b>vie 26/04/24</b>	<b>lun 17/06/24</b>												
32	Plataforma_01_S1	8 días	vie 26/04/24	mar 07/05/24												
33	Plataforma_01_S2	12 días	mar 07/05/24	mar 21/05/24												
34	Plataforma_01_S3	21 días	mar 21/05/24	lun 17/06/24												
35	Plataforma_01_S4	25 días	vie 26/04/24	lun 27/05/24												
36	<b>Perforación de roca con Rock Drill</b>	<b>134 días</b>	<b>lun 17/06/24</b>	<b>mié 27/11/24</b>												
37	<b>Plataforma 02</b>	<b>11 días</b>	<b>lun 17/06/24</b>	<b>vie 28/06/24</b>												
38	Plataforma_02_S1	2 días	lun 17/06/24	mar 18/06/24												
39	Plataforma_02_S2	3 días	mié 19/06/24	vie 21/06/24												
40	Plataforma_02_S3	4 días	vie 21/06/24	mié 26/06/24												
41	Plataforma_02_S4	2 días	mié 26/06/24	vie 28/06/24												
42	<b>Plataforma 03</b>	<b>11 días</b>	<b>vie 28/06/24</b>	<b>vie 12/07/24</b>												
43	Plataforma_03_S1	2 días	vie 28/06/24	mar 02/07/24												
44	Plataforma_03_S2	3 días	mar 02/07/24	vie 05/07/24												
45	Plataforma_03_S3	4 días	vie 05/07/24	mié 10/07/24												
46	Plataforma_03_S4	2 días	mié 10/07/24	vie 12/07/24												
47	<b>Plataforma 04</b>	<b>11 días</b>	<b>vie 12/07/24</b>	<b>vie 26/07/24</b>												
48	Plataforma_04_S1	2 días	vie 12/07/24	lun 15/07/24												
49	Plataforma_04_S2	3 días	lun 15/07/24	jue 18/07/24												
50	Plataforma_04_S3	4 días	jue 18/07/24	mié 24/07/24												
51	Plataforma_04_S4	2 días	mié 24/07/24	vie 26/07/24												
52	<b>Plataforma 05</b>	<b>12 días</b>	<b>vie 26/07/24</b>	<b>lun 12/08/24</b>												
53	Plataforma_05_S1	2 días	vie 26/07/24	mar 30/07/24												
54	Plataforma_05_S2	4 días	mar 30/07/24	sáb 03/08/24												
55	Plataforma_05_S3	4 días	sáb 03/08/24	vie 09/08/24												
56	Plataforma_05_S4	2 días	vie 09/08/24	lun 12/08/24												





CORTE DE TALUD H.U SAN ANTONIO DE PACHACAMAC - CEMENTO EXPANSIVO

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Trimestres											
					mar	2º trimestre			3er trimestre			4º trimestre				
						abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic		
89	Plataforma_12_S2	2 días	mar 29/10/24	mié 30/10/24												
90	Plataforma_12_S3	3 días	mié 30/10/24	mar 05/11/24												
91	Plataforma_12_S4	2 días	mar 05/11/24	mié 06/11/24												
92	<b>Plataforma 13</b>	<b>7 días</b>	<b>jue 07/11/24</b>	<b>jue 14/11/24</b>												
93	Plataforma_13_S2	2 días	jue 07/11/24	vie 08/11/24												
94	Plataforma_13_S3	3 días	vie 08/11/24	mié 13/11/24												
95	Plataforma_13_S4	2 días	mié 13/11/24	jue 14/11/24												
96	<b>Plataforma 14</b>	<b>6 días</b>	<b>jue 14/11/24</b>	<b>jue 21/11/24</b>												
97	Plataforma_14_S2	2 días	jue 14/11/24	lun 18/11/24												
98	Plataforma_14_S3	2 días	lun 18/11/24	mié 20/11/24												
99	Plataforma_14_S4	2 días	mié 20/11/24	jue 21/11/24												
100	<b>Plataforma 15</b>	<b>4 días</b>	<b>jue 21/11/24</b>	<b>mié 27/11/24</b>												
101	Plataforma_14_S3	2 días	jue 21/11/24	lun 25/11/24												
102	Plataforma_14_S4	2 días	lun 25/11/24	mié 27/11/24												
103	<b>Plataforma 16</b>	<b>1 día</b>	<b>mié 27/11/24</b>	<b>mié 27/11/24</b>												
104	Plataforma_16_S4	1 día	mié 27/11/24	mié 27/11/24												
105	<b>Fragmentación de roca con cemento expansivo (instalación y activación)</b>	<b>133 días</b>	<b>mié 19/06/24</b>	<b>jue 28/11/24</b>												
106	<b>Plataforma 02</b>	<b>10 días</b>	<b>mié 19/06/24</b>	<b>lun 01/07/24</b>												
107	Plataforma_02_S1	1 día	mié 19/06/24	mié 19/06/24												
108	Plataforma_02_S2	2 días	vie 21/06/24	mar 25/06/24												
109	Plataforma_02_S3	2 días	mié 26/06/24	vie 28/06/24												
110	Plataforma_02_S4	1 día	vie 28/06/24	lun 01/07/24												
111	<b>Plataforma 03</b>	<b>11 días</b>	<b>mar 02/07/24</b>	<b>lun 15/07/24</b>												
112	Plataforma_03_S1	1 día	mar 02/07/24	mié 03/07/24												
113	Plataforma_03_S2	2 días	vie 05/07/24	lun 08/07/24												
114	Plataforma_03_S3	3 días	mié 10/07/24	sáb 13/07/24												
115	Plataforma_03_S4	1 día	sáb 13/07/24	lun 15/07/24												
116	<b>Plataforma 04</b>	<b>11 días</b>	<b>lun 15/07/24</b>	<b>mar 30/07/24</b>												
117	Plataforma_04_S1	1 día	lun 15/07/24	mar 16/07/24												
118	Plataforma_04_S2	2 días	jue 18/07/24	sáb 20/07/24												
119	Plataforma_04_S3	3 días	mié 24/07/24	sáb 27/07/24												

CORTE DE TALUD H.U SAN ANTONIO DE PACHACAMAC - CEMENTO EXPANSIVO

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Gantt Chart											
					mar	2º trimestre			3er trimestre			4º trimestre				
						abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic		
120	Plataforma_04_S4	1 día	sáb 27/07/24	mar 30/07/24												
121	<b>Plataforma 05</b>	<b>12 días</b>	<b>mar 30/07/24</b>	<b>mié 14/08/24</b>												
122	Plataforma_05_S1	1 día	mar 30/07/24	mié 31/07/24												
123	Plataforma_05_S2	3 días	sáb 03/08/24	jue 08/08/24												
124	Plataforma_05_S3	3 días	vie 09/08/24	mar 13/08/24												
125	Plataforma_05_S4	1 día	mar 13/08/24	mié 14/08/24												
126	<b>Plataforma 06</b>	<b>12 días</b>	<b>mié 14/08/24</b>	<b>mié 28/08/24</b>												
127	Plataforma_06_S1	1 día	mié 14/08/24	jue 15/08/24												
128	Plataforma_06_S2	2 días	lun 19/08/24	mar 20/08/24												
129	Plataforma_06_S3	3 días	jue 22/08/24	lun 26/08/24												
130	Plataforma_06_S4	2 días	lun 26/08/24	mié 28/08/24												
131	<b>Plataforma 07</b>	<b>11 días</b>	<b>mié 28/08/24</b>	<b>mié 11/09/24</b>												
132	Plataforma_07_S1	1 día	mié 28/08/24	jue 29/08/24												
133	Plataforma_07_S2	2 días	lun 02/09/24	mar 03/09/24												
134	Plataforma_07_S3	3 días	jue 05/09/24	lun 09/09/24												
135	Plataforma_07_S4	2 días	mar 10/09/24	mié 11/09/24												
136	<b>Plataforma 08</b>	<b>10 días</b>	<b>mié 11/09/24</b>	<b>lun 23/09/24</b>												
137	Plataforma_08_S1	1 día	mié 11/09/24	jue 12/09/24												
138	Plataforma_08_S2	2 días	vie 13/09/24	lun 16/09/24												
139	Plataforma_08_S3	2 días	mié 18/09/24	vie 20/09/24												
140	Plataforma_08_S4	2 días	vie 20/09/24	lun 23/09/24												
141	<b>Plataforma 09</b>	<b>11 días</b>	<b>mar 24/09/24</b>	<b>lun 07/10/24</b>												
142	Plataforma_09_S1	1 día	mar 24/09/24	mar 24/09/24												
143	Plataforma_09_S2	2 días	jue 26/09/24	lun 30/09/24												
144	Plataforma_09_S3	2 días	mar 01/10/24	jue 03/10/24												
145	Plataforma_09_S4	2 días	jue 03/10/24	lun 07/10/24												
146	<b>Plataforma 10</b>	<b>9 días</b>	<b>lun 07/10/24</b>	<b>jue 17/10/24</b>												
147	Plataforma_09_S1	1 día	lun 07/10/24	lun 07/10/24												
148	Plataforma_09_S2	2 días	mié 09/10/24	vie 11/10/24												
149	Plataforma_09_S3	2 días	lun 14/10/24	mar 15/10/24												
150	Plataforma_09_S4	2 días	mié 16/10/24	jue 17/10/24												
151	<b>Plataforma 11</b>	<b>8 días</b>	<b>vie 18/10/24</b>	<b>mar 29/10/24</b>												

CORTE DE TALUD H.U SAN ANTONIO DE PACHACAMAC - CEMENTO EXPANSIVO

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Trimestres											
					mar	2º trimestre			3er trimestre			4º trimestre				
						abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic		
152	Plataforma_11_S1	2 días	vie 18/10/24	mar 22/10/24												
153	Plataforma_05_S2	2 días	mar 22/10/24	mié 23/10/24												
154	Plataforma_05_S3	2 días	jue 24/10/24	lun 28/10/24												
155	Plataforma_05_S4	1 día	lun 28/10/24	mar 29/10/24												
156	<b>Plataforma 12</b>	<b>8 días</b>	<b>mar 29/10/24</b>	<b>jue 07/11/24</b>												
157	Plataforma_12_S1	1 día	mar 29/10/24	mar 29/10/24												
158	Plataforma_12_S2	2 días	mié 30/10/24	lun 04/11/24												
159	Plataforma_12_S3	2 días	mar 05/11/24	mié 06/11/24												
160	Plataforma_12_S4	1 día	jue 07/11/24	jue 07/11/24												
161	<b>Plataforma 13</b>	<b>6 días</b>	<b>vie 08/11/24</b>	<b>vie 15/11/24</b>												
162	Plataforma_13_S2	1 día	vie 08/11/24	lun 11/11/24												
163	Plataforma_13_S3	2 días	mié 13/11/24	jue 14/11/24												
164	Plataforma_13_S4	1 día	jue 14/11/24	vie 15/11/24												
165	<b>Plataforma 14</b>	<b>5 días</b>	<b>lun 18/11/24</b>	<b>vie 22/11/24</b>												
166	Plataforma_14_S2	1 día	lun 18/11/24	mar 19/11/24												
167	Plataforma_14_S3	2 días	mié 20/11/24	jue 21/11/24												
168	Plataforma_14_S4	1 día	jue 21/11/24	vie 22/11/24												
169	<b>Plataforma 15</b>	<b>3 días</b>	<b>lun 25/11/24</b>	<b>mié 27/11/24</b>												
170	Plataforma_14_S3	1 día	lun 25/11/24	mar 26/11/24												
171	Plataforma_14_S4	1 día	mié 27/11/24	mié 27/11/24												
172	<b>Plataforma 16</b>	<b>1 día</b>	<b>jue 28/11/24</b>	<b>jue 28/11/24</b>												
173	Plataforma_16_S4	1 día	jue 28/11/24	jue 28/11/24												
174	<b>Limpieza de roca fragmentada y perfilado de talud</b>	<b>133 días</b>	<b>mié 19/06/24</b>	<b>vie 29/11/24</b>												
175	<b>Plataforma 02</b>	<b>10 días</b>	<b>mié 19/06/24</b>	<b>mar 02/07/24</b>												
176	Plataforma_02_S1	1 día	mié 19/06/24	jue 20/06/24												
177	Plataforma_02_S2	1 día	mar 25/06/24	mar 25/06/24												
178	Plataforma_02_S3	1 día	vie 28/06/24	lun 01/07/24												
179	Plataforma_02_S4	1 día	lun 01/07/24	mar 02/07/24												
180	<b>Plataforma 03</b>	<b>11 días</b>	<b>mié 03/07/24</b>	<b>mar 16/07/24</b>												
181	Plataforma_03_S1	1 día	mié 03/07/24	jue 04/07/24												
182	Plataforma_03_S2	1 día	lun 08/07/24	mar 09/07/24												

CORTE DE TALUD H.U SAN ANTONIO DE PACHACAMAC - CEMENTO EXPANSIVO

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Trimestres											
					mar	2º trimestre			3er trimestre			4º trimestre				
						abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic		
183	Plataforma_03_S3	1 día	sáb 13/07/24	lun 15/07/24												
184	Plataforma_03_S4	1 día	lun 15/07/24	mar 16/07/24												
185	<b>Plataforma 04</b>	<b>11 días</b>	<b>mar 16/07/24</b>	<b>mié 31/07/24</b>												
186	Plataforma_04_S1	1 día	mar 16/07/24	mié 17/07/24												
187	Plataforma_04_S2	1 día	sáb 20/07/24	lun 22/07/24												
188	Plataforma_04_S3	1 día	sáb 27/07/24	mar 30/07/24												
189	Plataforma_04_S4	1 día	mar 30/07/24	mié 31/07/24												
190	<b>Plataforma 05</b>	<b>12 días</b>	<b>mié 31/07/24</b>	<b>jue 15/08/24</b>												
191	Plataforma_05_S1	1 día	mié 31/07/24	jue 01/08/24												
192	Plataforma_05_S2	1 día	jue 08/08/24	vie 09/08/24												
193	Plataforma_05_S3	1 día	mar 13/08/24	mié 14/08/24												
194	Plataforma_05_S4	1 día	mié 14/08/24	jue 15/08/24												
195	<b>Plataforma 06</b>	<b>12 días</b>	<b>jue 15/08/24</b>	<b>jue 29/08/24</b>												
196	Plataforma_06_S1	1 día	jue 15/08/24	vie 16/08/24												
197	Plataforma_06_S2	1 día	mar 20/08/24	mié 21/08/24												
198	Plataforma_06_S3	1 día	lun 26/08/24	mar 27/08/24												
199	Plataforma_06_S4	1 día	mié 28/08/24	jue 29/08/24												
200	<b>Plataforma 07</b>	<b>11 días</b>	<b>jue 29/08/24</b>	<b>jue 12/09/24</b>												
201	Plataforma_07_S1	1 día	jue 29/08/24	lun 02/09/24												
202	Plataforma_07_S2	1 día	mar 03/09/24	mié 04/09/24												
203	Plataforma_07_S3	1 día	mar 10/09/24	mar 10/09/24												
204	Plataforma_07_S4	1 día	mié 11/09/24	jue 12/09/24												
205	<b>Plataforma 08</b>	<b>10 días</b>	<b>jue 12/09/24</b>	<b>mar 24/09/24</b>												
206	Plataforma_08_S1	1 día	jue 12/09/24	vie 13/09/24												
207	Plataforma_08_S2	1 día	mar 17/09/24	mar 17/09/24												
208	Plataforma_08_S3	1 día	vie 20/09/24	lun 23/09/24												
209	Plataforma_08_S4	1 día	mar 24/09/24	mar 24/09/24												
210	<b>Plataforma 09</b>	<b>11 días</b>	<b>mar 24/09/24</b>	<b>lun 07/10/24</b>												
211	Plataforma_09_S1	1 día	mar 24/09/24	mié 25/09/24												
212	Plataforma_09_S2	1 día	lun 30/09/24	lun 30/09/24												
213	Plataforma_09_S3	1 día	jue 03/10/24	vie 04/10/24												
214	Plataforma_09_S4	1 día	lun 07/10/24	lun 07/10/24												

CORTE DE TALUD H.U SAN ANTONIO DE PACHACAMAC - CEMENTO EXPANSIVO

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Trimestres											
					mar	2º trimestre			3er trimestre			4º trimestre				
						abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic		
215	<b>Plataforma 10</b>	<b>9 días</b>	<b>mié 09/10/24</b>	<b>vie 18/10/24</b>												
216	Plataforma_09_S1	1 día	mié 09/10/24	mié 09/10/24												
217	Plataforma_09_S2	1 día	vie 11/10/24	lun 14/10/24												
218	Plataforma_09_S3	1 día	mié 16/10/24	mié 16/10/24												
219	Plataforma_09_S4	1 día	jue 17/10/24	vie 18/10/24												
220	<b>Plataforma 11</b>	<b>7 días</b>	<b>mar 22/10/24</b>	<b>mar 29/10/24</b>												
221	Plataforma_11_S1	1 día	mar 22/10/24	mar 22/10/24												
222	Plataforma_05_S2	1 día	mié 23/10/24	jue 24/10/24												
223	Plataforma_05_S3	1 día	lun 28/10/24	mar 29/10/24												
224	Plataforma_05_S4	1 día	mar 29/10/24	mar 29/10/24												
225	<b>Plataforma 12</b>	<b>8 días</b>	<b>mié 30/10/24</b>	<b>vie 08/11/24</b>												
226	Plataforma_12_S1	1 día	mié 30/10/24	mié 30/10/24												
227	Plataforma_12_S2	1 día	lun 04/11/24	mar 05/11/24												
228	Plataforma_12_S3	1 día	jue 07/11/24	jue 07/11/24												
229	Plataforma_12_S4	1 día	jue 07/11/24	vie 08/11/24												
230	<b>Plataforma 13</b>	<b>6 días</b>	<b>lun 11/11/24</b>	<b>lun 18/11/24</b>												
231	Plataforma_13_S2	1 día	lun 11/11/24	mar 12/11/24												
232	Plataforma_13_S3	1 día	jue 14/11/24	vie 15/11/24												
233	Plataforma_13_S4	1 día	vie 15/11/24	lun 18/11/24												
234	<b>Plataforma 14</b>	<b>5 días</b>	<b>mar 19/11/24</b>	<b>lun 25/11/24</b>												
235	Plataforma_14_S2	1 día	mar 19/11/24	mié 20/11/24												
236	Plataforma_14_S3	1 día	jue 21/11/24	vie 22/11/24												
237	Plataforma_14_S4	1 día	vie 22/11/24	lun 25/11/24												
238	<b>Plataforma 15</b>	<b>3 días</b>	<b>mar 26/11/24</b>	<b>jue 28/11/24</b>												
239	Plataforma_14_S3	1 día	mar 26/11/24	mié 27/11/24												
240	Plataforma_14_S4	1 día	jue 28/11/24	jue 28/11/24												
241	<b>Plataforma 16</b>	<b>1 día</b>	<b>jue 28/11/24</b>	<b>vie 29/11/24</b>												
242	Plataforma_16_S4	1 día	jue 28/11/24	vie 29/11/24												
243	<b>Cargui y eliminacion de material de roca fragmentada</b>	<b>134 días</b>	<b>jue 20/06/24</b>	<b>mar 03/12/24</b>												
244	<b>Plataforma 02</b>	<b>10 días</b>	<b>jue 20/06/24</b>	<b>mié 03/07/24</b>												
245	Plataforma_02_S1	1 día	jue 20/06/24	vie 21/06/24												

CORTE DE TALUD H.U SAN ANTONIO DE PACHACAMAC - CEMENTO EXPANSIVO

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Trimestres											
					mar	2º trimestre			jun	3er trimestre			4º trimestre			dic
						abr	may			jul	ago	sep	oct	nov		
246	Plataforma_02_S2	1 día	mié 26/06/24	mié 26/06/24												
247	Plataforma_02_S3	1 día	lun 01/07/24	mar 02/07/24												
248	Plataforma_02_S4	1 día	mar 02/07/24	mié 03/07/24												
249	<b>Plataforma 03</b>	<b>11 días</b>	<b>jue 04/07/24</b>	<b>mié 17/07/24</b>												
250	Plataforma_03_S1	1 día	jue 04/07/24	vie 05/07/24												
251	Plataforma_03_S2	1 día	mar 09/07/24	mié 10/07/24												
252	Plataforma_03_S3	1 día	lun 15/07/24	mar 16/07/24												
253	Plataforma_03_S4	1 día	mar 16/07/24	mié 17/07/24												
254	<b>Plataforma 04</b>	<b>11 días</b>	<b>mié 17/07/24</b>	<b>jue 01/08/24</b>												
255	Plataforma_04_S1	1 día	mié 17/07/24	jue 18/07/24												
256	Plataforma_04_S2	1 día	lun 22/07/24	mié 24/07/24												
257	Plataforma_04_S3	1 día	mar 30/07/24	mié 31/07/24												
258	Plataforma_04_S4	1 día	mié 31/07/24	jue 01/08/24												
259	<b>Plataforma 05</b>	<b>12 días</b>	<b>jue 01/08/24</b>	<b>vie 16/08/24</b>												
260	Plataforma_05_S1	1 día	jue 01/08/24	vie 02/08/24												
261	Plataforma_05_S2	1 día	vie 09/08/24	sáb 10/08/24												
262	Plataforma_05_S3	1 día	mié 14/08/24	jue 15/08/24												
263	Plataforma_05_S4	1 día	jue 15/08/24	vie 16/08/24												
264	<b>Plataforma 06</b>	<b>12 días</b>	<b>vie 16/08/24</b>	<b>lun 02/09/24</b>												
265	Plataforma_06_S1	1 día	vie 16/08/24	sáb 17/08/24												
266	Plataforma_06_S2	1 día	mié 21/08/24	jue 22/08/24												
267	Plataforma_06_S3	1 día	mar 27/08/24	mié 28/08/24												
268	Plataforma_06_S4	1 día	jue 29/08/24	lun 02/09/24												
269	<b>Plataforma 07</b>	<b>11 días</b>	<b>lun 02/09/24</b>	<b>vie 13/09/24</b>												
270	Plataforma_07_S1	1 día	lun 02/09/24	lun 02/09/24												
271	Plataforma_07_S2	1 día	mié 04/09/24	jue 05/09/24												
272	Plataforma_07_S3	1 día	mar 10/09/24	mié 11/09/24												
273	Plataforma_07_S4	1 día	jue 12/09/24	vie 13/09/24												
274	<b>Plataforma 08</b>	<b>10 días</b>	<b>vie 13/09/24</b>	<b>mié 25/09/24</b>												
275	Plataforma_08_S1	1 día	vie 13/09/24	lun 16/09/24												
276	Plataforma_08_S2	1 día	mar 17/09/24	mié 18/09/24												
277	Plataforma_08_S3	1 día	lun 23/09/24	lun 23/09/24												

CORTE DE TALUD H.U SAN ANTONIO DE PACHACAMAC - CEMENTO EXPANSIVO

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Trimestres											
					mar	2º trimestre			3er trimestre			4º trimestre				
					abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic			
278	Plataforma_08_S4	1 día	mar 24/09/24	mié 25/09/24												
279	<b>Plataforma 09</b>	<b>11 días</b>	<b>mié 25/09/24</b>	<b>mié 09/10/24</b>												
280	Plataforma_09_S1	1 día	mié 25/09/24	jue 26/09/24												
281	Plataforma_09_S2	1 día	mar 01/10/24	mar 01/10/24												
282	Plataforma_09_S3	1 día	vie 04/10/24	lun 07/10/24												
283	Plataforma_09_S4	1 día	mié 09/10/24	mié 09/10/24												
284	<b>Plataforma 10</b>	<b>9 días</b>	<b>mié 09/10/24</b>	<b>lun 21/10/24</b>												
285	Plataforma_09_S1	1 día	mié 09/10/24	jue 10/10/24												
286	Plataforma_09_S2	1 día	lun 14/10/24	mar 15/10/24												
287	Plataforma_09_S3	1 día	mié 16/10/24	jue 17/10/24												
288	Plataforma_09_S4	1 día	vie 18/10/24	lun 21/10/24												
289	<b>Plataforma 11</b>	<b>7 días</b>	<b>mié 23/10/24</b>	<b>mié 30/10/24</b>												
290	Plataforma_11_S1	1 día	mié 23/10/24	mié 23/10/24												
291	Plataforma_05_S2	1 día	jue 24/10/24	vie 25/10/24												
292	Plataforma_05_S3	1 día	mar 29/10/24	mar 29/10/24												
293	Plataforma_05_S4	1 día	mié 30/10/24	mié 30/10/24												
294	<b>Plataforma 12</b>	<b>8 días</b>	<b>mié 30/10/24</b>	<b>lun 11/11/24</b>												
295	Plataforma_12_S1	1 día	mié 30/10/24	jue 31/10/24												
296	Plataforma_12_S2	1 día	mar 05/11/24	mié 06/11/24												
297	Plataforma_12_S3	1 día	jue 07/11/24	vie 08/11/24												
298	Plataforma_12_S4	1 día	vie 08/11/24	lun 11/11/24												
299	<b>Plataforma 13</b>	<b>6 días</b>	<b>mar 12/11/24</b>	<b>mar 19/11/24</b>												
300	Plataforma_13_S2	1 día	mar 12/11/24	mié 13/11/24												
301	Plataforma_13_S3	1 día	vie 15/11/24	lun 18/11/24												
302	Plataforma_13_S4	1 día	lun 18/11/24	mar 19/11/24												
303	<b>Plataforma 14</b>	<b>3 días</b>	<b>lun 25/11/24</b>	<b>mié 27/11/24</b>												
304	Plataforma_14_S2	1 día	lun 25/11/24	mar 26/11/24												
305	Plataforma_14_S3	1 día	mar 26/11/24	mié 27/11/24												
306	Plataforma_14_S4	1 día	mié 27/11/24	mié 27/11/24												
307	<b>Plataforma 15</b>	<b>2 días</b>	<b>jue 28/11/24</b>	<b>lun 02/12/24</b>												
308	Plataforma_14_S3	1 día	jue 28/11/24	vie 29/11/24												
309	Plataforma_14_S4	1 día	vie 29/11/24	lun 02/12/24												

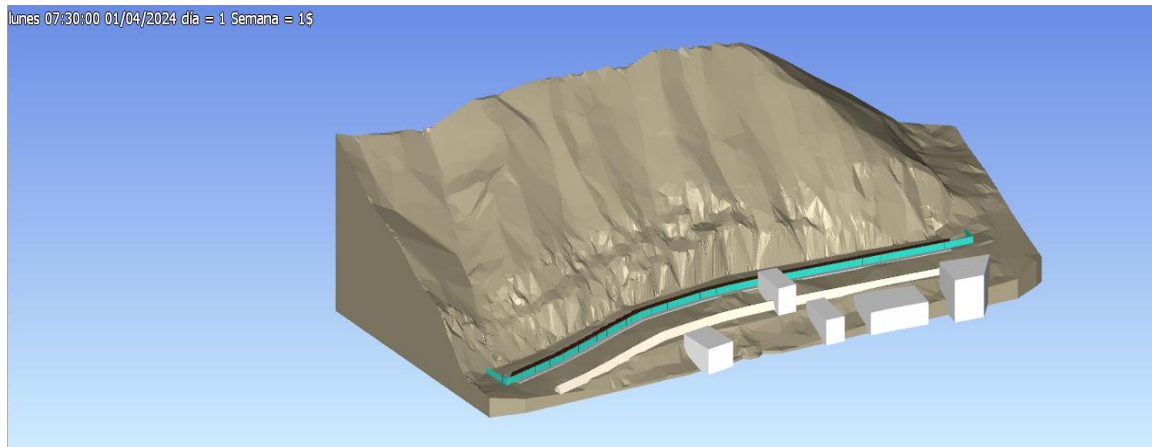


CORTE DE TALUD H.U SAN ANTONIO DE PACHACAMAC - CEMENTO EXPANSIVO

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	2º trimestre				3er trimestre			4º trimestre		
					mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
310	<b>Plataforma 16</b>	<b>1 día</b>	<b>lun 02/12/24</b>	<b>mar 03/12/24</b>										
311	Plataforma_16_S4	1 día	lun 02/12/24	mar 03/12/24										
312	<b>PARTIDAS COMPLEMENTARIAS</b>	<b>2 días</b>	<b>mar 03/12/24</b>	<b>mié 04/12/24</b>										
313	Repocision de via existente	1 día	mar 03/12/24	mié 04/12/24										
314	Limpieza final de obra	1 día	mié 04/12/24	mié 04/12/24										

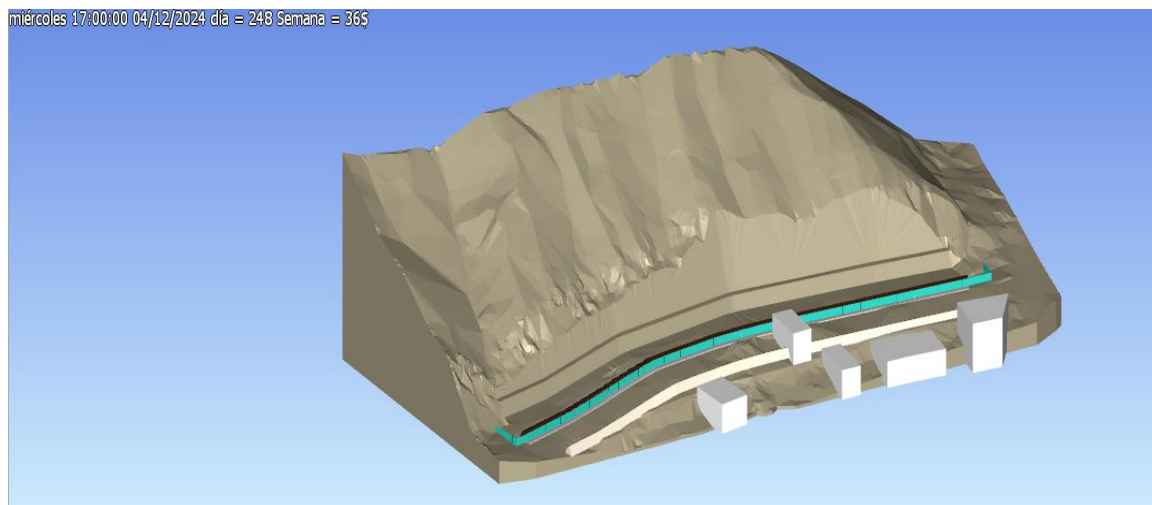
## Anexo 8

*Modelado del cronograma - Primera semana.*



## Anexo 9

*Modelado del cronograma – Ultima semana.*



## ANEXO 10

Modelo de encuesta realizada a especialistas.

ITEM	RIESGOS EN RELACIÓN A LOS COMPONENTES DEL PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD	MARQUE CON UNA X SI EL RIESGO SE PRESENTA		MARQUE CON UNA X LA PROBABILIDAD DE QUE EL RIESGO SE PRESENTE					MARQUE CON UNA X EL IMPACTO QUE EL RIESGO PUEDA GENERAR EN EL PROYECTO				
		SI	NO	MUY BAJA	BAJA	MEDIANA	ALTO	MUY ALTO	MUY BAJA	BAJA	MEDIANA	ALTO	MUY ALTO
				10%	30%	50%	70%	90%	10%	30%	50%	70%	90%
<b>1</b>	<b>RIESGOS DE EJECUCIÓN</b>												
<b>1.1</b>	<b>Procedimiento</b>												
1.1.1	Retraso por eliminación de material												
1.1.2	Desprendimiento de rocas por fragmentación												
1.1.3	Perforación del terreno con Rockdrill												
1.1.4	Mal testeo y verificación de Cápsulas Fragmentadoras												
1.1.5	Carguío de cápsulas fragmentadoras en taladros												
1.1.6	Conexión es serie de cables de iniciación												
1.1.7	Anillo de seguridad incorrecto												
1.1.8	Falta de mitigación de polvo post fractura												
1.1.9	Falta de agua y electricidad para la construcción												
1.1.10	Acceso de obra deficiente												
1.1.11	Llegada tardía de materiales a obra												
1.1.12	Mala señalización de obra												
1.1.13	Daños a construcciones colindantes												
<b>1.2</b>	<b>Planificación</b>												
1.2.1	Incumplimiento de protocolo de fragmentación												
1.2.2	Incumplimiento del cronograma												
1.2.3	Incumplimiento de las especificaciones técnicas												
1.2.4	Aumento del presupuesto												



2.1.1	Diseños deficientes y/o incompatibles													
2.1.2	Falta de un estudio profundo del subsuelo													
2.1.3	Incompatibilidades en el expediente técnico													
2.1.4	Defectos del diseño													
2.1.5	Incorrectas vinculaciones en el cronograma													
2.1.6	Deficiencias en el presupuesto de obra													
2.1.7	Partidas de obra no complementadas en el expediente													
2.1.8	Exceso de trabajo y horas extras no previstas													
<b>3</b>	<b>RIESGOS LEGALES</b>													
<b>3.1</b>	<b>Procedimiento</b>													
3.1.1	Multas e infracciones													
3.1.2	Falta de Licencia de Construcción													
<b>4</b>	<b>RIESGOS AMBIENTALES</b>													
<b>4.1</b>	<b>Procedimiento</b>													
4.1.1	Tsunami													
4.1.2	Luvias abundantes													
4.1.3	Movimientos sísmicos													
<b>5</b>	<b>RIESGO ECONÓMICO</b>													
<b>5.1</b>	<b>Procedimiento</b>													
5.1.1	Falta de liquidez													
5.1.2	Sobrecostos por horas stand by													

## ANEXO 11

Resultado de encuestas con los riesgos identificados para el Speed Breaker.

ITEM	RIESGOS EN RELACIÓN A LOS COMPONENTES DEL PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD	ENCUESTA N° 01	ENCUESTA N° 02	ENCUESTA N° 03	ENCUESTA N° 04	ENCUESTA N° 05	ENCUESTA N° 06	ENCUESTA N° 07	ENCUESTA N° 08	ENCUESTA N° 09	ENCUESTA N° 10	PROMEDIO DE ENCUESTAS
<b>1</b>	<b>RIESGOS DE EJECUCIÓN</b>											
<b>1.1</b>	<b>Procedimiento</b>											
1.1.1	Retraso por eliminación de material	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21	0.09	0.03	0.03	0.15	0.35	0.15
1.1.2	Desprendimiento de rocas por detonación	0.63	0.63	0.49	0.63	0.49	0.49	0.63	0.63	0.63	0.81	0.63
1.1.3	Perforación del terreno con Rockdrill	0.35	0.15	0.63	0.15	0.15	0.35	0.49	0.49	0.35	0.45	0.35
1.1.4	Mal testeo y verificación de cápsulas fragmentadoras	0.49	0.35	0.45	0.45	0.35	0.49	0.49	0.45	0.35	0.63	0.45
1.1.5	Carguío incorrecto de cápsulas fragmentadoras en taladros	0.45	0.49	0.45	0.35	0.45	0.49	0.45	0.45	0.35	0.45	0.45
1.1.6	Mala conexión en serie de cables de iniciación	0.45	0.35	0.35	0.35	0.27	0.35	0.35	0.495	0.35	0.35	0.35
1.1.7	Anillo de seguridad incorrecto	0.35	0.35	0.35	0.35	0.45	0.45	0.25	0.35	0.27	0.35	0.35
1.1.8	Polvo excesivo por detonación	0.21	0.15	0.15	0.25	0.21	0.25	0.21	0.15	0.21	0.21	0.21
1.1.9	Falta de agua y electricidad para la construcción	0.07	0.09	0.27	0.05	0.03	0.35	0.35	0.09	0.35	0.35	0.15
1.1.10	Acceso de obra deficiente	0.09	0.09	0.00	0.09	0.21	0.25	0.49	0.49	0.35	0.25	0.25
1.1.11	Llegada tardía de materiales a obra	0.07	0.09	0.00	0.21	0.21	0.25	0.25	0.15	0.49	0.35	0.15
1.1.12	Mala señalización de obra	0.01	0.49	0.00	0.09	0.21	0.63	0.63	0.35	0.21	0.15	0.25
1.1.13	Daños a construcciones colindantes	0.05	0.49	0.35	0.35	0.45	0.63	0.63	0.63	0.45	0.15	0.35
1.1.14	Formación de proyectiles por detonación	0.63	0.49	0.49	0.45	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.45	0.49
1.1.15	Falla de primera línea de protección	0.35	0.35	0.27	0.27	0.35	0.35	0.35	0.45	0.35	0.35	0.35
<b>1.2</b>	<b>Planificación</b>											
1.2.1	Incumplimiento de protocolo de fragmentación	0.27	0.25	0.25	0.27	0.25	0.27	0.35	0.35	0.25	0.27	0.27

1.2.2	Incumplimiento del cronograma	0.21	0.25	0.00	0.21	0.15	0.35	0.35	0.35	0.25	0.25	0.25
1.2.3	Incumplimiento de las especificaciones técnicas	0.07	0.09	0.49	0.15	0.25	0.35	0.35	0.35	0.49	0.25	0.25
1.2.4	Aumento del presupuesto	0.21	0.49	0.63	0.21	0.35	0.35	0.49	0.35	0.49	0.25	0.35
1.2.5	Cantidades de obra no reales	0.25	0.25	0.45	0.25	0.35	0.63	0.63	0.63	0.49	0.25	0.49
1.2.6	Presencia de trabajos adicionales	0.35	0.00	0.25	0.35	0.15	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
1.2.7	Aumento de costos por escases de materiales	0.03	0.00	0.35	0.03	0.35	0.35	0.35	0.25	0.25	0.49	0.25
1.2.8	Manejo inadecuado en el flujo de caja de obra	0.03	0.01	0.35	0.05	0.03	0.25	0.25	0.25	0.35	0.25	0.15
1.2.9	Coordinación inadecuada con proyectista de obra	0.09	0.07	0.21	0.15	0.05	0.49	0.49	0.25	0.49	0.25	0.25
1.2.10	Plan de gestión de emergencias inadecuado	0.15	0.09	0.21	0.21	0.35	0.49	0.49	0.49	0.35	0.25	0.35
<b>1.3</b>	<b>Equipos, Maquinaria, Materiales</b>											
1.3.1	Vuelco de maquinaria	0.07	0.25	0.63	0.35	0.45	0.49	0.81	0.45	0.81	0.81	0.63
1.3.2	Colisión entre maquinarias y/o vehículos	0.05	0.25	0.27	0.05	0.45	0.15	0.15	0.21	0.81	0.81	0.35
1.3.3	Falta de equipos y maquinaria	0.21	0.01	0.00	0.21	0.21	0.35	0.35	0.21	0.81	0.81	0.35
1.3.4	Avería de maquinarias y equipos	0.21	0.09	0.05	0.21	0.05	0.35	0.35	0.35	0.81	0.81	0.35
1.3.5	Escasez de materiales	0.05	0.01	0.21	0.05	0.03	0.35	0.35	0.35	0.49	0.49	0.15
1.3.6	Maquinaria y herramientas deficientes	0.21	0.09	0.07	0.35	0.00	0.49	0.49	0.49	0.35	0.49	0.35
1.3.7	Baja calidad en materiales de obra	0.21	0.00	0.07	0.21	0.09	0.63	0.81	0.81	0.35	0.49	0.35
1.3.8	No disponibilidad de materias primas	0.05	0.09	0.07	0.05	0.01	0.35	0.35	0.35	0.25	0.49	0.15
<b>1.4</b>	<b>Personal</b>											
1.4.1	Falta de mano de obra calificada	0.03	0.01	0.07	0.03	0.25	0.63	0.63	0.35	0.49	0.25	0.25
1.4.2	Falta de Staff profesional	0.03	0.00	0.07	0.03	0.25	0.35	0.35	0.35	0.49	0.25	0.15
1.4.3	Accidentes laborales	0.45	0.49	0.45	0.45	0.63	0.49	0.49	0.63	0.49	0.49	0.63
1.4.4	Huelgas y paralizaciones	0.27	0.09	0.00	0.27	0.01	0.21	0.21	0.21	0.49	0.25	0.21
1.4.5	Bajo rendimiento de obra	0.01	0.01	0.35	0.01	0.25	0.35	0.49	0.49	0.49	0.25	0.25
1.4.6	No disponibilidad de personal obrero calificado	0.03	0.00	0.35	0.03	0.25	0.63	0.63	0.49	0.49	0.49	0.35
1.4.7	Mal uso de recursos de obra	0.09	0.00	0.35	0.09	0.21	0.25	0.25	0.35	0.35	0.25	0.25
1.4.8	Personal contractual incompleto en obra	0.01	0.00	0.00	0.01	0.15	0.25	0.25	0.25	0.35	0.25	0.25
1.4.9	Accidentes en obra	0.45	0.49	0.49	0.45	0.63	0.81	0.81	0.63	0.35	0.49	0.63

1.4.10	Inadecuada coordinación del equipo de trabajo de obra	0.09	0.07	0.00	0.09	0.09	0.21	0.21	0.15	0.35	0.25	0.15
<b>2</b>	<b>RIESGOS TÉCNICOS</b>											
<b>2.1</b>	<b>Procedimiento</b>											
2.1.1	Diseños deficientes y/o incompatibles	0.07	0.09	0.00	0.07	0.35	0.63	0.63	0.35	0.81	0.35	0.35
2.1.2	Falta de un estudio profundo del subsuelo	0.21	0.09	0.63	0.21	0.49	0.63	0.63	0.49	0.81	0.35	0.49
2.1.3	Incompatibilidades en el expediente técnico	0.21	0.00	0.35	0.21	0.35	0.63	0.63	0.49	0.63	0.63	0.49
2.1.4	Defectos del diseño	0.21	0.01	0.00	0.21	0.35	0.63	0.63	0.49	0.63	0.63	0.35
2.1.5	Incorrectas vinculaciones en el cronograma	0.15	0.00	0.05	0.15	0.15	0.35	0.35	0.35	0.63	0.49	0.35
2.1.6	Deficiencias en el presupuesto de obra	0.25	0.03	0.00	0.25	0.15	0.21	0.21	0.21	0.63	0.25	0.15
2.1.7	Partidas de obra no complementadas en el expediente	0.25	0.03	0.00	0.25	0.35	0.35	0.25	0.25	0.81	0.81	0.25
2.1.8	Exceso de trabajo y horas extras no previstas	0.09	0.00	0.21	0.09	0.03	0.15	0.15	0.15	0.49	0.49	0.15
<b>3</b>	<b>RIESGOS LEGALES</b>											
<b>3.1</b>	<b>Procedimiento</b>											
3.1.1	Multas e infracciones	0.15	0.00	0.45	0.15	0.00	0.21	0.21	0.21	0.00	0.00	0.21
3.1.2	Falta de Licencia de Construcción	0.09	0.00	0.45	0.09	0.00	0.27	0.27	0.27	0.00	0.00	0.27
<b>4</b>	<b>RIESGOS AMBIENTALES</b>											
<b>4.1</b>	<b>Procedimiento</b>											
4.1.1	Tsunami	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.1.2	Luvias abundantes	0.07	0.09	0.27	0.15	0.25	0.35	0.35	0.45	0.15	0.35	0.21
4.1.3	Movimientos sísmicos	0.07	0.09	0.09	0.07	0.21	0.49	0.49	0.35	0.15	0.35	0.21
<b>5</b>	<b>RIESGO ECONÓMICO</b>											
<b>5.1</b>	<b>Procedimiento</b>											
5.1.1	Falta de liquidez	0.09	0.01	0.21	0.05	0.03	0.35	0.35	0.35	0.09	0.25	0.15
5.1.2	Sobrecostos por horas stand by	0.09	0.01	0.21	0.09	0.21	0.35	0.35	0.35	0.09	0.25	0.15



## ANEXO 12

Resultado de encuestas con los riesgos identificados para el Cemento Expansivo.

ITEM	RIESGOS EN RELACIÓN A LOS COMPONENTES DEL PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD	ENCUESTA N° 01	ENCUESTA N° 02	ENCUESTA N° 03	ENCUESTA N° 04	ENCUESTA N° 05	ENCUESTA N° 06	ENCUESTA N° 07	ENCUESTA N° 08	ENCUESTA N° 09	ENCUESTA N° 10	PROMEDIO DE ENCUESTAS
<b>1</b>	<b>RIESGOS DE EJECUCIÓN</b>											
<b>1.1</b>	<b>Procedimiento</b>											
1.1.1	Retraso por eliminación de material	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21	0.09	0.03	0.03	0.15	0.35	0.15
1.1.2	Desprendimiento de rocas por fragmentación	0.63	0.07	0.35	0.63	0.45	0.49	0.49	0.35	0.49	0.63	0.45
1.1.3	Mala perforación de taladros	0.35	0.21	0.27	0.35	0.45	0.27	0.35	0.35	0.35	0.27	0.35
1.1.4	Mal estado del Cemento Expansivo	0.21	0.15	0.27	0.27	0.25	0.27	0.27	0.35	0.27	0.27	0.27
1.1.5	Cantidades Incorrectas de Cemento Expansivo	0.27	0.27	0.27	0.27	0.45	0.25	0.25	0.27	0.27	0.27	0.27
1.1.6	Falta de agua y electricidad para la construcción	0.07	0.09	0.27	0.05	0.03	0.35	0.35	0.09	0.35	0.35	0.15
1.1.7	Acceso de obra deficiente	0.09	0.09	0.00	0.09	0.21	0.25	0.49	0.49	0.35	0.25	0.25
1.1.8	Llegada tardía de materiales a obra	0.07	0.09	0.00	0.21	0.21	0.25	0.25	0.15	0.49	0.35	0.15
1.1.9	Mala señalización de obra	0.01	0.49	0.00	0.09	0.21	0.63	0.63	0.35	0.21	0.15	0.25
1.1.10	Daños a construcciones colindantes	0.25	0.27	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.35	0.25	0.25
1.1.11	Formación de proyectiles por fragmentación	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.21	0.15	0.15	0.15	0.21	0.15
1.1.12	Falla de la primera línea de protección	0.21	0.25	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
<b>1.2</b>	<b>Planificación</b>											
1.2.1	Incumplimiento del protocolo de fragmentación	0.25	0.25	0.27	0.25	0.25	0.27	0.25	0.25	0.27	0.25	0.25

1.2.2	Incumplimiento del cronograma	0.21	0.25	0.00	0.21	0.15	0.35	0.35	0.35	0.25	0.25	0.25
1.2.3	Incumplimiento de las especificaciones técnicas	0.07	0.09	0.49	0.15	0.25	0.35	0.35	0.35	0.49	0.25	0.25
1.2.4	Aumento del presupuesto	0.21	0.49	0.63	0.21	0.35	0.35	0.49	0.35	0.49	0.25	0.35
1.2.5	Cantidades de obra no reales	0.25	0.25	0.45	0.25	0.35	0.63	0.63	0.63	0.49	0.25	0.49
1.2.6	Presencia de trabajos adicionales	0.35	0.00	0.25	0.35	0.15	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
1.2.7	Aumento de costos por escasos de materiales	0.03	0.00	0.35	0.03	0.35	0.35	0.35	0.25	0.25	0.49	0.25
1.2.8	Manejo inadecuado en el flujo de caja de obra	0.03	0.01	0.35	0.05	0.03	0.25	0.25	0.25	0.35	0.25	0.15
1.2.9	Coordinación inadecuada con proyectista de obra	0.09	0.07	0.21	0.15	0.05	0.49	0.49	0.25	0.49	0.25	0.25
1.2.10	Plan de gestión de emergencias inadecuado	0.15	0.09	0.21	0.21	0.35	0.49	0.49	0.49	0.35	0.25	0.35
<b>1.3</b>	<b>Equipos, Maquinaria, Materiales</b>											
1.3.1	Vuelco de maquinaria	0.07	0.25	0.63	0.35	0.45	0.49	0.81	0.45	0.81	0.81	0.63
1.3.2	Colisión entre maquinarias y/o vehículos	0.05	0.25	0.27	0.05	0.45	0.15	0.15	0.21	0.81	0.81	0.35
1.3.3	Falta de equipos y maquinaria	0.21	0.01	0.00	0.21	0.21	0.35	0.35	0.21	0.81	0.81	0.35
1.3.4	Avería de maquinarias y equipos	0.21	0.09	0.05	0.21	0.05	0.35	0.35	0.35	0.81	0.81	0.35
1.3.5	Escasez de materiales	0.05	0.01	0.21	0.05	0.03	0.35	0.35	0.35	0.49	0.49	0.15
1.3.6	Maquinaria y herramientas deficientes	0.21	0.09	0.07	0.35	0.00	0.49	0.49	0.49	0.35	0.49	0.35
1.3.7	Baja calidad en materiales de obra	0.21	0.00	0.07	0.21	0.09	0.63	0.81	0.81	0.35	0.49	0.35
1.3.8	No disponibilidad de materias primas	0.05	0.09	0.07	0.05	0.01	0.35	0.35	0.35	0.25	0.49	0.15
<b>1.4</b>	<b>Personal</b>											
1.4.1	Falta de mano de obra calificada	0.03	0.01	0.07	0.03	0.25	0.63	0.63	0.35	0.49	0.25	0.25
1.4.2	Falta de Staff profesional	0.03	0.00	0.07	0.03	0.25	0.35	0.35	0.35	0.49	0.25	0.15
1.4.3	Accidentes laborales	0.45	0.49	0.45	0.45	0.63	0.49	0.49	0.63	0.49	0.49	0.63
1.4.4	Huelgas y paralizaciones	0.27	0.09	0.00	0.27	0.01	0.21	0.21	0.21	0.49	0.25	0.21
1.4.5	Bajo rendimiento de obra	0.01	0.01	0.35	0.01	0.25	0.35	0.49	0.49	0.49	0.25	0.25
1.4.6	No disponibilidad de personal obrero calificado	0.03	0.00	0.35	0.03	0.25	0.63	0.63	0.49	0.49	0.49	0.35
1.4.7	Mal uso de recursos de obra	0.09	0.00	0.35	0.09	0.21	0.25	0.25	0.35	0.35	0.25	0.25
1.4.8	Personal contractual incompleto en obra	0.01	0.00	0.00	0.01	0.15	0.25	0.25	0.25	0.35	0.25	0.25
1.4.9	Accidentes en obra	0.45	0.49	0.49	0.45	0.63	0.81	0.81	0.63	0.35	0.49	0.63

1.4.10	Inadecuada coordinación del equipo de trabajo de obra	0.09	0.07	0.00	0.09	0.09	0.21	0.21	0.15	0.35	0.25	0.15
<b>2</b>	<b>RIESGOS TÉCNICOS</b>											
<b>2.1</b>	<b>Procedimiento</b>											
2.1.1	Diseños deficientes y/o incompatibles	0.07	0.09	0.00	0.07	0.35	0.63	0.63	0.35	0.81	0.35	0.35
2.1.2	Falta de un estudio profundo del subsuelo	0.21	0.09	0.63	0.21	0.49	0.63	0.63	0.49	0.81	0.35	0.49
2.1.3	Incompatibilidades en el expediente técnico	0.21	0.00	0.35	0.21	0.35	0.63	0.63	0.49	0.63	0.63	0.49
2.1.4	Defectos del diseño	0.21	0.01	0.00	0.21	0.35	0.63	0.63	0.49	0.63	0.63	0.35
2.1.5	Incorrectas vinculaciones en el cronograma	0.15	0.00	0.05	0.15	0.15	0.35	0.35	0.35	0.63	0.49	0.35
2.1.6	Deficiencias en el presupuesto de obra	0.25	0.03	0.00	0.25	0.15	0.21	0.21	0.21	0.63	0.25	0.15
2.1.7	Partidas de obra no complementadas en el expediente	0.25	0.03	0.00	0.25	0.35	0.35	0.25	0.25	0.81	0.81	0.25
2.1.8	Exceso de trabajo y horas extras no previstas	0.09	0.00	0.21	0.09	0.03	0.15	0.15	0.15	0.49	0.49	0.15
<b>3</b>	<b>RIESGOS LEGALES</b>											
<b>3.1</b>	<b>Procedimiento</b>											
3.1.1	Multas e infracciones	0.15	0.00	0.45	0.15	0.00	0.21	0.21	0.21	0.00	0.00	0.21
3.1.2	Falta de Licencia de Demolición	0.09	0.00	0.45	0.09	0.00	0.27	0.27	0.27	0.00	0.00	0.27
<b>4</b>	<b>RIESGOS AMBIENTALES</b>											
<b>4.1</b>	<b>Procedimiento</b>											
4.1.1	Tsunami	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.1.2	Luvias abundantes	0.07	0.09	0.27	0.15	0.25	0.35	0.35	0.45	0.15	0.35	0.21
4.1.3	Movimientos sísmicos	0.07	0.09	0.09	0.07	0.21	0.49	0.49	0.35	0.15	0.35	0.21
<b>5</b>	<b>RIESGO ECONÓMICO</b>											
<b>5.1</b>	<b>Procedimiento</b>											
5.1.1	Falta de liquidez	0.09	0.01	0.21	0.05	0.03	0.35	0.35	0.35	0.09	0.25	0.15
5.1.2	Sobrecostos por horas stand by	0.09	0.01	0.21	0.09	0.21	0.35	0.35	0.35	0.09	0.25	0.15

## Anexo 13


### Ficha técnica Speed Breaker.



FICHA TÉCNICA							
RAZÓN SOCIAL	ROCK FRACTURING COMPANY SAC		NOMBRE COMERCIAL			SPEED BREAKER ®	
DENOMINACIÓN GENÉRICA	DISPOSITIVOS PARA FRAGMENTACIÓN DE ROCA	CLASE	II		TIPO	T9	CÓDIGO RFC-T9DFR01-01
PESO DE LA CARGA PÍRICA (g)	100 g	PESO DEL PRODUCTO (g)	120-130 g	USO	RECREATIVO	INDUSTRIAL	X
EFFECTOS	LUMÍNICO	X	SONORO	X	FUMÍGENO	X	
MATERIAL DEL EMBALAJE	PRIMARIO O EXTERIOR	CAJA DE CARTÓN			TIEMPO DE COMBUSTIÓN DE LA MECHA (Segundos)	NO APLICA	
	SECUNDARIO	BURBUJA PLÁSTICA					
	TERCIARIO O EXTERIOR						
DESCRIPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN	La composición inerte se encuentra aislada por un revestimiento resistente, integrado por un cable con un activador de filamento (nicrom) que permite que la corriente eléctrica actúe para lograr la refracción sísmica y/o fractura de la masa de composición rígida.						
DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO	SECUENCIA DE EFECTOS		MEDIOS DE INICIACIÓN				
	Es la mezcla de componentes orgánicos, los que, dentro de su envasado, son sometidos a un pulso eléctrico, y al reaccionar generan alta concentración de gases, que al estar sometido a un confinamiento, fractura el material que ejerce el confinamiento en un pozo.		ELÉCTRICO O ELECTRÓNICO		PULSO ELÉCTRICO		
			OTROS (IMPACTO, FRICCIÓN, ETC.)		NO APLICA		
ETIQUETAS Y RÓTULOS	El producto lleva la etiqueta que indica la forma correcta de usar, se ubica sobre el producto.		OBSERVACIONES			NO TIENE.	

## Anexo 14

### Hoja técnica Cemento Expansivo.



Hoja Técnica

# CHEMA CRACK

Fracturador de rocas y concreto sin detonación.

VERSION: 03  
FECHA: 16/10/2020

**Calidad que Construye**

---

**DESCRIPCIÓN**      CHEMA CRACK es un mortero expansivo no explosivo para la ejecución de demoliciones sin detonación de una forma segura, precisa y sin explosión, sin ruido de martilleo ni temblor, sin gases, sin chispas ni contaminación ecológica. Reacciona químicamente provocando una enorme tensión expansiva, superior a las 7000 TM que lo convierte en la alternativa definitiva al explosivo convencional o los medios mecánicos. Además no paraliza ningún trabajo en la obra.

---

**VENTAJAS**

- Alto poder de expansión por encima de las 7.000 TN/m<sup>2</sup>.
- Aplicable tanto en exterior como en lugares cerrados y de baja accesibilidad.
- Garantiza una rotura segura, precisa, sin ruido ni vibración, sin gases, chispas ni elementos contaminantes.
- No condiciona ni paraliza ningún trabajo en obra.
- Demoliciones mucho más rápidas y económicas que las efectuadas con maquinaria pesada, y grandes martillos hidráulicos.
- No origina daños en los ecosistemas, resultando un recurso insustituible en demoliciones submarinas.
- No precisa permisos ni experiencia por lo que puede ser utilizado por el personal de obra.
- Especialmente indicado en zonas con riesgo de existencia de productos explosivos o inflamables.
- Fácil de emplear, tanto en grandes obras como en pequeños proyectos.
- No es tóxico ni inflamable. Respetuoso con el medio ambiente.

---

**USOS**

- Cortes de rocas en grandes superficies.
- Grandes desmontes rocosos o de concreto en obras civiles y edificación.
- Excavaciones en suelos rocosos entre edificaciones y muros perimétricos sin ocasionar ningún daño.
- Trabajos junto a viviendas, canales, tendidos eléctricos u otras estructuras.
- Demolición submarina.
- Demolición de bloques de concreto en general.
- Rotura de estructuras de concreto armado en pilares, vigas, muros, etc.
- Roturas de elementos arquitectónicos que no puedan ser sometidos a vibración.
- Eliminación de grandes bloques de roca en cimentaciones y sótanos.
- Demoliciones puntuales en interiores y zonas de difícil accesibilidad.
- Trabajos de demolición segura en todo tipo de industria.

---

**DATOS TÉCNICOS**

- Apariencia	:	Polvo
- Color	:	Gris

**ATENCIÓN AL CLIENTE:**  
(511) 336-8407

Página 1 de 5



Calidad que Construye

Hoja Técnica

## CHEMA CRACK

Fracturador de rocas y concreto sin detonación.

VERSION: 03  
FECHA: 16/10/2020

- Densidad aparente: de 500 – 700 kg/L
- VOC : 0 g/L

### PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO

#### Diseño de patrón de perforaciones.

- Para el correcto funcionamiento del sistema, es importante definir la forma o “malla” de la red de perforación con taladros en función del tipo, forma y dureza del material a demoler. (Ver Cuadro 1. Ejecución de taladros).
- Contar con al menos una cara libre o frente libre.
- La longitud mínima de la perforación (profundidad del orificio) debe ser del 85% al 90% de la altura total del elemento a demoler para elementos de concreto y roca suelta; y una profundidad de 110% para bancadas de roca o suelo.
- La distancia entre cada orificio perforado será 10 veces el diámetro del taladro (para elementos sin refuerzos) y una distancia de 5 veces el diámetro para elementos de concreto armado.
- El diámetro máximo de perforación es de 40mm. y el mínimo de 25mm. La temperatura ambiente para aplicar CHEMA CRACK será entre 5°C y 35°. Si la temperatura ambiente es de 25°C a 35°C el diámetro máximo de perforación es hasta 35mm (ver cuadro de temperatura del agua).

#### Preparación de la mezcla.

- Antes de preparar la mezcla de Chema crack dejar que las perforaciones se enfríen. Debido a que se calientan por utilización del taladro.
- En un recipiente limpio mezclar el CHEMA CRACK en polvo con agua limpia y fría a razón de 1 a 1.2 litros por bolsa de 5kg. (20 a 24% de agua respecto al peso de CHEMA CRACK). Esta cantidad de agua permite una buena mezcla y brinda la fluidez adecuada para el llenado de perforaciones de hasta 6 metros. No añadir más agua de la indicada. Tener en cuenta que el agua debe ser potable, sin impurezas y no debe exceder los 20°C.
- Mezcle con ayuda de una batidora eléctrica de bajas revoluciones hasta obtener un producto homogéneo y sin grumos. El tiempo de mezclado será como mínimo 2 minutos. Se recomienda un mezclador mecánico de baja revolución, el mezclado manual no garantiza un mezclado uniforme.
- Una vez realizada la mezcla se disponen de unos 5 minutos para verterlo en la perforación realizada con el taladro.
- Cuando la temperatura ambiente sea superior a 22°C, la temperatura del agua de amasado no debe ser superior a 10°C. Cuando la temperatura ambiente sea inferior a 22°C, la temperatura del agua de amasado puede estar entre 10 y 20°C.

ATENCIÓN AL CLIENTE:  
(511) 336-8407

Página 2 de 5



Calidad que Construye

Hoja Técnica

## CHEMA CRACK

Fracturador de rocas y concreto sin detonación.

VERSION: 03  
FECHA: 16/10/2020

### Aplicación.

#### Perforaciones de taladros verticales:

- Verter CHEMA CRACK en la perforación del taladro directamente desde el bidón o con la ayuda de una regadera, embudo o similar.
- Llenar hasta aproximadamente 2 cm del borde.

#### Llenado de perforaciones de taladros horizontales.

- Siempre que sea posible se ejecutarán las perforaciones con taladros con una ligera inclinación a fin de poder rellenarlos de manera sencilla y convencional. También es posible el rellenarlos con CHEMA CRACK precargado en cartuchos de plástico.

#### Llenado de perforaciones inundados.

- Introducir en la perforación un saco o bolsa de plástico o polietileno de diámetro ligeramente superior al diámetro del taladro utilizado, con la ayuda de un tubo rígido de plástico por el que se procederá, introduciéndolo hasta el fondo, a la carga o llenado con el producto.
- CHEMA CRACK produce entre 10 y 18 horas una presión expansiva de más de 4.000TN/m<sup>2</sup>. La potencia va aumentando progresivamente y en dos días puede lograr una presión expansiva superior a las 7000TN/m<sup>2</sup>. Para la mayor parte de los materiales a derribar vasta con una presión expansiva de 6000 TN/m<sup>2</sup>. (Ver Cuadro 3. Fuerza Expansiva).

**Limpieza:** Los útiles y herramientas se limpiarán en estado fresco tan solo con agua. Una vez endurecido se quedará en forma de polvo siendo muy fácil su eliminación.

**RENDIMIENTO** El consumo aproximado de CHEMA CRACK en función del diámetro de la perforación es:

Diámetro del taladro (mm)	25	32	40
Consumo por metro de taladro (kg)	0.8	1.37	2.14

**PRESENTACIÓN** Envase de 5kg

**TIEMPO DE** 3 años almacenado en su envase original, sellado en lugar fresco y bajo techo.

**ALMACENAMIENTO** Mantener cerrado mientras no se esté usando.

ATENCIÓN AL CLIENTE:

(511) 336-8407

Página 3 de 5



*Calidad que Construye*

Hoja Técnica

## CHEMA CRACK

Fracturador de rocas y concreto sin detonación.

VERSION: 03  
FECHA: 16/10/2020

- PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES**
- Se puede aplicar CHEMA CRACK en temperaturas ambientes entre 5 °C y 35°C.
  - La temperatura del agua de mezcla nunca debe ser superior a los 20°C.
  - No añadir, cemento, arena, colorantes ni ninguna otra sustancia que pueda afectar a las propiedades del CHEMA CRACK.
  - No añadir más agua sobre el mortero una vez que haya perdido su consistencia.
  - En tiempo caluroso, realizar el relleno a primera hora por la mañana.
  - Seguir las instrucciones detalladamente. Bajo ciertas condiciones como altas temperaturas podría llegar a producirse una expulsión rápida y violenta del material por la boca de algún taladro. Por este motivo, una vez llenados los taladros, se debe prohibir el paso a la zona tratada al público en las primeras 8 horas.

En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico 012732318/ 999012933).

Producto tóxico, NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños.

No comer ni beber mientras manipula el producto. Utilizar guantes, máscara para vapores, gafas protectoras y ropa de trabajo. En caso de contacto con los ojos y la piel, lávese con abundante agua.

**“La presente Edición anula y reemplaza la Versión N° 02 para todos los fines”**

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen conveniente, para determinar si son apropiados para un uso en particular. El uso, aplicación y manejo correcto de los productos, quedan fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.

ATENCIÓN AL CLIENTE:  
(511) 336-8407

Página 4 de 5





Calidad que Construye

Hoja Técnica

# CHEMA CRACK

Fracturador de rocas y concreto sin detonación.

VERSION: 03  
FECHA: 16/10/2020

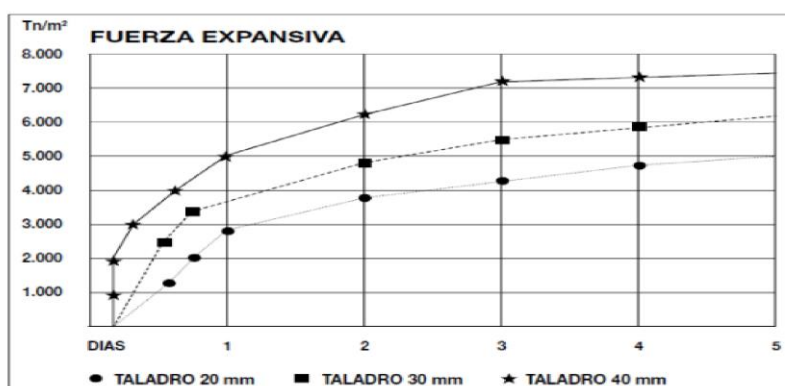
CUADRO 1. EJECUCIÓN DE TALADROS

TIPO DE SOPORTE		DISTANCIA (como múltiplo del $\varnothing$ del taladro)	SEPARACIÓN ESTÁNDAR ENTRE TALADROS (mm)		CONSUMO (kg/m <sup>2</sup> )
			Taladro de 30 mm	Taladro de 40 mm	
BOLOS SUELTOS	Roca Blanda	12 - 16	360 - 480	480 - 640	3.5 - 5.5
	Roca Semidura	10 - 13	300 - 390	400 - 520	4.8 - 8.5
	Roca dura	6 - 11	180 - 330	240 - 440	7.5 - 11
ROCA (Dos caras libres)	Roca Blanda	10 - 15	300 - 450	400 - 600	5.5 - 11
	Roca Semidura	8 - 12	240 - 360	320 - 480	8.5 - 15.7
	Roca dura	5 - 10	150 - 300	200 - 400	10 - 21
HORMIGÓN	En masa	10 - 15	300 - 450	400 - 600	5.6 - 11
	Armado	5 - 8	150 - 240	200 - 320	21 - 35

CUADRO2. TEMPERATURA DEL AGUA

TEMPERATURE DE LA ROCA O CONCRETO	TEMPERATURA DEL AGUA	DIÁMETRO DE LAS PERFORACIONES (mm)	DIÁMETRO DE LAS PERFORACIONES (")
-3 a 4 °C	40 °C máximo	38mm	1 ½"
5 a 13 °C	29.5 °C máximo	38 mm a 35 mm	1 ½" a 1 ¾"
14 a 22 °C	18 °C Máximo	32 mm a 35 mm	1 ¼" a 1 ½" ó 1 ½"
23 - 27 °C	4 °C máximo (con hielo)	32 mm a 35 mm	1 ¼" a 1 ½" ó 1 ½"
28 - 35 °C	0.5 °C máximo (con hielo)	32 mm	1 ¼"

CUADRO3. FUERZA EXPANSIVA



ATENCIÓN AL CLIENTE:  
(511) 336-8407

Página 5 de 5

**Anexo 15**

*Panel fotográfico del talud -1.*



**Anexo 16**

*Panel fotográfico del talud -2.*



**Anexo 17**

*Panel fotográfico del talud -3.*



**Anexo 18**

*Panel fotográfico del talud -4.*

