

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

**Estallido de rocas y sostenimiento de labores en la empresa
minera los Quenuales - unidad minera Yauliyacu**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. José Luis ROJAS MAYTA

Asesor:

Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCÓ

Cerro de Pasco - Perú – 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

**Estallido de rocas y sostenimiento de labores en la empresa minera los
Quenuales - unidad minera Yauliyacu**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Edwin Elias SANCHEZ ESPINOZA
PRESIDENTE

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES
MIEMBRO

Mg. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Instituto de Investigación
Unidad de Gestión de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 011-2023

La Unidad de Gestión de Investigación – Instituto de Investigación de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bach. José Luis, ROJAS MAYTA

Facultad de Ingeniería de Minas
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo: Tesis

Título del trabajo:

**“Estallido de Rocas y Sostenimiento de Labores en la Empresa
Minera los Quenuales - Unidad Minera Yauliyacu.”**

Asesor:

Mg. Teodoro Rodrigo, SANTIAGO ALMERCÓ

Índice de Similitud: **24 %**

Calificativo: **APROBADO**

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 04 de diciembre del 2023



Sello y Firma del Responsable

DEDICATORIA

Dedico el resultado del presente
trabajo a todos los integrantes
de mi familia.

Especialmente a mis padres que siempre
han estado para apoyarme y con ello
inculcar a superar los momentos malos.

Agradecerles por enseñarme a afrontar
los impases que se han presentado
sin desmayar o darse por vencido.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento especial a Dios por bendecirme en la vida por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Así como también a nuestros docentes de la Escuela de Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación en las aulas de pre grado, de manera especial, a los docentes que nos dejaron por diversas consecuencias de la vida.

RESUMEN

El yacimiento de Yauliyacu se encuentra ubicado al Este de la ciudad de Lima, políticamente pertenece al distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima; El distrito muestra plegamientos, desarrollándose pliegues invertidos cuyos ejes se orientan paralelamente a la dirección general de los Andes, el yacimiento de Yauliyacu esta principalmente conformada de calizas, capas rojas, brechas y flujos volcánicos.

Los riesgos en profundidad surgen de masas rocosas dúctiles y blandas, ya que la roca está sujeta a un alto grado de convergencia en el tiempo y a sismicidad inducida por el servicio y colapso de la roca donde la roca explota en un instante. Surgirán riesgos. Alto almacenamiento de energía. Es casi imposible determinar en donde y cuando ocurrirá un Estallido de Rocas, se reconoce por los sonidos (craquelamientos) que hace antes y durante el proceso de liberación de esfuerzos, haciendo que la roca se reviente, ocasionando proyecciones de la roca a manera de lascas (escamas) o de grandes bloques. Este proceso tiene una duración de 48 horas aproximadamente desde iniciado el proceso, y luego se debe de desatar la zona y sostenerla con split set y malla electro soldada.

La probabilidad de ocurrencia de eventos de cierta magnitud, como riesgo sísmico por lo tanto es frecuente el objetivo del monitoreo sísmico en minas. Por lo tanto, se ha establecido que las fracturas suelen ocurrir en rocas con una resistencia a la compresión en el rango de 100 a 400 MPa.

Yauliyacu cuenta con monitoreo microsismico, conectados por una red de cableado, que permite conocer las características de los eventos sísmicos tales como: Ubicación, Magnitud, Energía liberada, etc., la implementación de este sistema se

realizó el año 2010, el año 2012 se instaló una estación más en el nivel 1000 (Paladín 5) y el año 2014 se instalaron geófonos triaxiales.

Palabras claves: Estallido de rocas, Riesgo Sísmico, Sostenimiento.

ABSTRACT

The Yauliyacu deposit is located to the East of the city of Lima, politically it belongs to the district of Chicla, province of Huarochirí, department of Lima; The district shows folding, developing inverted folds whose axes are oriented parallel to the general direction of the Andes. The Yauliyacu deposit is made up mainly of limestone, red layers, breccias and volcanic flows.

The risks in depth are given by the ductile and soft rock mass since the rock suffers a high convergence in time and the Seismicity Induced by the operation and the risk of rock bursts occur, when the rock bursts from one moment to another, due to a high accumulation of energy. It is almost impossible to determine where and when a Rock Burst will occur, it is recognized by the sounds (cracking) it makes before and during the stress release process, causing the rock to burst, causing rock projections in the form of slabs. (flakes) or large blocks. This process lasts approximately 48 hours from the start of the process, and then the area must be untied and supported with split set and electro-welded mesh.

The probability of occurrence of events of a certain magnitude, such as seismic risk, is therefore frequently the objective of seismic monitoring in mines. Thus, it has been established that bursts generally occur in rocks that have compressive strengths in the range of 100 to 400 Mpa.

Yauliyacu has microseismic monitoring, connected by a cable network, which allows knowing the characteristics of seismic events such as: Location, Magnitude, Energy released, etc. The implementation of this system was carried out in 2010, in 2012 it was installed one more station at level 1000 (Paladin 5) and in 2014 triaxial geophones were installed.

Keywords: Rockburst, Seismic Risk, Support.

INTRODUCCIÓN

En 2001, en la mina de carbón de Lorraine, en Francia, se produjo un accidente en una profundidad de 1.250 metros que tuvo consecuencias mortales. En 2015 se produjo estallidos de roca en el área minera de la mina de cobre y molibdeno Nuevo Nivel Mina en el Teniente en Chile. La profundidad de la zona de la mina era de unos 1.100 metros. El incidente ocurrió a 600 metros del corredor y lo bloqueó por completo. En Perú la Compañía Minera Milpo “El Porvenir”, El estallido de roca han ocasionado pérdidas en la producción y de costos. No existen soluciones completas o explicaciones. Sin embargo, el de estallido de roca es potencial y las condiciones en las cuales los mecanismos de falla están propensos a ocurrir.

La Compañía Minera Yauliyacu no es ajena a este tipo de incidentes en la minería. Los desprendimientos de rocas ocurren principalmente en profundidades de entierro (áreas bajas) y en las profundidades de trabajo (profundidades de entierro, cavidades). Los pozos mineros, los tipos de rocas, etc. pueden provocar que la roca se afloje, se caiga y se rompa, afectando directamente al personal, los equipos y la infraestructura, interrumpiendo así el proceso de producción de la mina.

En la minería el propósito de la Evaluación del sostenimiento en labores de desarrollo es muy fundamental, no permitiendo mantener labores sin sostenimiento ya que, con acontecimiento de estallido de roca o sismo, generaría destrucciones con consecuencias fatales, por lo que es necesario efectuar un tipo de sostenimiento para adecuar el soporte de labores abiertas. La selección del tipo de sostenimiento y también del tipo de malla de perforación a utilizar ayudara en controlar las inestabilidades de la roca en el proceso de producción de la mina, En vista de esto, este estudio propone utilizar el sistema de monitoreo micro sísmico ESG para monitorear la ocurrencia de eventos micro sísmicos en tiempo real y analizar la información del registro de eventos

dentro de un período de tiempo determinado. Ayudará con nuestras futuras decisiones operativas y prevención de estallidos de rocas.

El autor

INDICE

| | |
|----------------|--|
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTO | |
| RESUMEN | |
| ABSTRACT | |
| INTRODUCCIÓN | |
| INDICE | |

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

| | |
|--|---|
| 1.1. Identificación y determinación del Problema | 1 |
| 1.2. Delimitación de la Investigación..... | 2 |
| 1.3. Formulación del Problema..... | 2 |
| 1.3.1 Problema General | 2 |
| 1.3.2 Problemas Específicos..... | 3 |
| 1.4. Formulación de Objetivos..... | 3 |
| 1.4.1 Objetivo General..... | 3 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos | 3 |
| 1.5. Justificación de la Investigación | 3 |
| 1.6. Limitaciones de la Investigación..... | 4 |
| 1.7. Importancia y Alcance de la Investigación..... | 4 |

CAPITULO

MARCO TEORICO

| | |
|--|----|
| 2.1. Antecedentes de Estudio | 5 |
| 2.2. Bases Teóricas - Científicas..... | 9 |
| 2.3. Definición de Términos básicos..... | 18 |
| 2.4. Formulación de Hipótesis | 21 |
| 2.4.1. Hipótesis General | 21 |
| 2.4.2. Hipótesis Especificas..... | 21 |
| 2.5. Identificación de Variables | 21 |
| 2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores | 23 |

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN

| | |
|---|----|
| 3.1. Tipo de Investigación..... | 24 |
| 3.2. Nivel de Investigación | 24 |
| 3.3. Métodos de Investigación | 24 |
| 3.4. Diseño De Investigación | 24 |
| 3.5. Población y Muestra | 25 |
| 3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos. | 25 |
| 3.6.2 Instrumentos | 25 |
| 3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación | 25 |
| 3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos | 26 |
| 3.9. Tratamiento Estadístico de Datos | 26 |
| 3.10. Orientación Ética filosófica y epistémica | 26 |

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|--|----|
| 4.1. Descripción del Trabajo de Campo..... | 27 |
| 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados | 59 |
| 4.3. Prueba de Hipótesis..... | 69 |
| 4.4. Discusión de Resultados..... | 77 |

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

ANEXOS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del Problema

La zona minera de Yauliyacu se caracteriza por ser una antigua mina que ha sido explotada por más de 130 años con una profundidad de 1500 metros, por su tamaño y alcance se divide por conveniencia en cinco secciones, cada una con diferentes condiciones y complejidades. en secuencia Divida estas cinco partes en dos zonas: zona alta y zona baja.

A medida que la minería continúa en diferentes secciones, principalmente en la profundización (zona baja), surge un nuevo problema: los desprendimientos de rocas inducidos por la minería, que son causados, entre otras cosas, por la profundidad del túnel (encampane), los tajos, los tipos de rocas, etc. puede ser desprendimiento, caída y estallido de rocas, afectando directamente al personal, equipos e infraestructura, interrumpiendo con ello el proceso productivo de la mina.

En vista de esto, este estudio propone utilizar el sistema de monitoreo micro sísmico ESG para monitorear la ocurrencia de eventos micro sísmicos en

tiempo real y analizar la información del registro de eventos dentro de un período de tiempo determinado. Nos ayudará a tomar decisiones operativas futuras y nos brindará información valiosa como: áreas de alta actividad sísmica (concentración de eventos), prioridades de sostenimiento y llenado, etc.

Es por este motivo que se realizó la presente investigación.

1.2. Delimitación de la Investigación

1.2.1. Delimitación Espacial

El presente trabajo se llevó a cabo en la instalación de la minera de Yauliyacu, ubicado en el distrito de Chicla de provincia Huarochirí, región de Lima, a una altitud de 4250 msnm, en los Andes del Perú, cordillera Occidental. En el mapa hidrográfico de la cuenca del río Rímac, entre las coordenadas 11° 3' de latitud sur y 76° 10' de longitud oeste

1.2.2. Delimitación Temporal

Duración de 6 meses; Enero – Julio del 2018

1.2.3. Delimitación Conceptual

Esta tesis se basa en aspectos de la investigación de estallidos de rocas. Dentro de los aspectos conceptuales que se desarrollan se considera: sismicidad, tipo de ondas sísmicas, fuentes de generación, monitoreos micros sísmicos.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

¿Cuál es el análisis y medidas de control frente a la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización que nos permita evitar accidentes en la Empresa Minera los Quenuales, Unidad Minera Yauliyacu?

1.3.2. Problemas Específicos

- a. ¿Cómo podemos analizar la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización que nos permita evitar accidentes en la Empresa Minera los Quenuales, Unidad Minera Yauliyacu?
- b. ¿Qué medidas de control se plantea frente a la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización que nos permita evitar accidentes en la Empresa Minera los Quenuales, Unidad Minera Yauliyacu?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Analizar y tomar medidas de control frente a la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización que nos permita evitar accidentes en, la Empresa Minera los Quenuales, Unidad Minera Yauliyacu.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Analizar la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización que nos permita evitar accidentes en, la Empresa Minera los Quenuales, Unidad Minera Yauliyacu.
- b. Tomar medidas de control frente a la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización que nos permita evitar accidentes en, la Empresa Minera los Quenuales, Unidad Minera Yauliyacu.

1.5. Justificación de la Investigación

La presente investigación justifica su realización y remarca su importancia toda vez que nos permitirá analizar y tomar medidas de control frente a la ocurrencia de estallido de rocas proveyendo al personal de mina información acerca del estado y los esfuerzos de las condiciones locales del macizo rocoso. Al

recibir la información en tiempo real sobre la ubicación de los eventos sísmicos, ingenieros y operadores pueden aprender de estos eventos donde se producen en relación con las aberturas mineras y los lugares de trabajo activos y visualizar cómo estas condiciones están cambiando con el tiempo.

Estos elementos justifican y dan importancia para efectuar la investigación.

1.6. Limitaciones de la Investigación

Obtenemos limitación respecto a:

- Financiamiento para el desarrollo del estudio.
- Soporte con personal capacitado.
- No se han encontrado restricciones en cuanto al apoyo de la empresa.

1.7. Importancia y Alcance de la Investigación

El estudio es de alcance correlacional, ya que se analizarán los consumos durante los años de producción, el movimiento de los materiales y así determinar el destino de estos, para poder reducir el valor de inventario.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de Estudio

Después de revisar el tema de investigación de la minería, descubrimos algunos antecedentes como:

Desastre de la Mina de Hartebeesfontein Sudáfrica

Fecha: el 31 de julio 1997

Ha habido tres desastres del temblor de tierra en solo un año. El primer temblor ocurrió en la mina de Deelkraal, propiedad de Goldfields, en 1997. El segundo temblor ocurrió en la misma mina. En ambos accidentes, 13 personas fallecieron y 3 fueron permanentemente inhabilitados.

En la mina de Hartebeesfontein ocurre el tercer temblor. 18 personas perdieron la vida y 30 sufrieron lesiones graves.

Mina Casapalca en Perú

Los estallidos de rocas en una galería. Actualmente, la profundidad de esta mina es de 1300 metros y la roca es resistente. Los primeros informes sobre los

estallidos se produjeron en la segunda mitad de la década de los 70'. Entre finales de la década de los 80 y principios de la década de los 90, se registró un aumento en la cantidad y gravedad de los estallidos. Las áreas críticas se encontraban entre los Nvs. 1200 y 1500 y entre los Nvs. 2300 y 3000, principalmente en excavaciones relacionadas con las Vetas M, N, O, P y 256P. El método de minado shrinkage se utilizó en su mayoría.

En Chile la mina El teniente

La mina subterránea más grande del mundo cuenta con más de 3000 kilómetros de galerías y se espera que para el 2019 alcance una profundidad de 1880 metros. En 2015, ocurrió un estallido de roca en el sector Nuevo Nivel de la mina de cobre y molibdeno El teniente en Chile, con una profundidad de aproximadamente 1100 metros. Este evento ocurrió en un área de 600 metros de la galería, en la que completamente fue bloqueado.

El nuevo proyecto subterráneo de Chuquicamata

El cual se emplazará a 900 metros bajo el rajo (CODELCO, 2017). Sin embargo, trabajar a tales profundidades conlleva a una variedad de riesgos y uno de los más peligrosos es el fenómeno de los Estallidos de Rocas o Rockbursting.



Figura N° 01: Estallidos de Rocas o Rockbursting

Proyecto hidroeléctrico Cheves en Perú

La imagen representa un estallido de roca ocurrido en el túnel construido para el proyecto hidroeléctrico de Cheves en Perú en 2012.

Los estallidos de roca ocurrieron en una profundidad de 1000 a 1250 metros.



Figura N° 02: Muestra de Estallido de Roca

Mina de carbón Lorraine en Francia

La Imagen muestra un estallido de roca ocurrido el año 2001 en la mina de carbón Lorraine en Francia cuyo suceso se produjo a una profundidad de 1250 metros. Este último evento lamentablemente tuvo consecuencias fatales.



Figura N° 03: Muestra un estallido de roca ocurrido el año 2001

Compañía Minera Milpo “el Porvenir”

Daños de eventos sísmicos:

Los daños son perjuicios variables e impredecibles que en Minera Milpo “el Porvenir” han ocasionado pérdidas en la producción y de costos. No existen soluciones completas o explicaciones. Sin embargo, la visión en daños de estallido de roca puede ser obtenida a través del entendimiento del mecanismo de falla de estallido de roca potencial y las condiciones en las cuales los mecanismos de falla están propensos a ocurrir.

Los tres tipos de daños pueden ocasionar un estallido de rocas.

Rocas abultadas debido al fracturamiento (tope): es cuando se acumula rocas tanto en el techo como en las cajas, si encuentra mallas estas quedan abultadas y cagadas.

Eyección de roca debido a la transferencia de energía sísmica (medio)

Fallas en las rocas inducen temblores sísmicos (base).

CAUSAS: Variación de Condiciones Insitu:

El proceso de minado es estáticamente equivalente a la introducción de un conjunto de fuerzas sobre las superficies de la excavación, igual en magnitud, pero en sentido opuesto a aquellas que actuaban originalmente. Esto se debe a que antes del minado, el material a ser excavado ejerce fuerzas de sostenimiento naturales sobre la roca circundante

Mina Uchucchacua

31 AGOSTO 2005 Estallido de Roca 10.45PM

Situación del accidente fatal en el Cuerpo Rubí III, con vista al oeste. La falla Rubí se encuentra a la izquierda y la falla tensional que se encuentra a la

derecha, ambos forman una cuña. Además, se presentan estratos y un sistema principal de diaclasas en esta área.



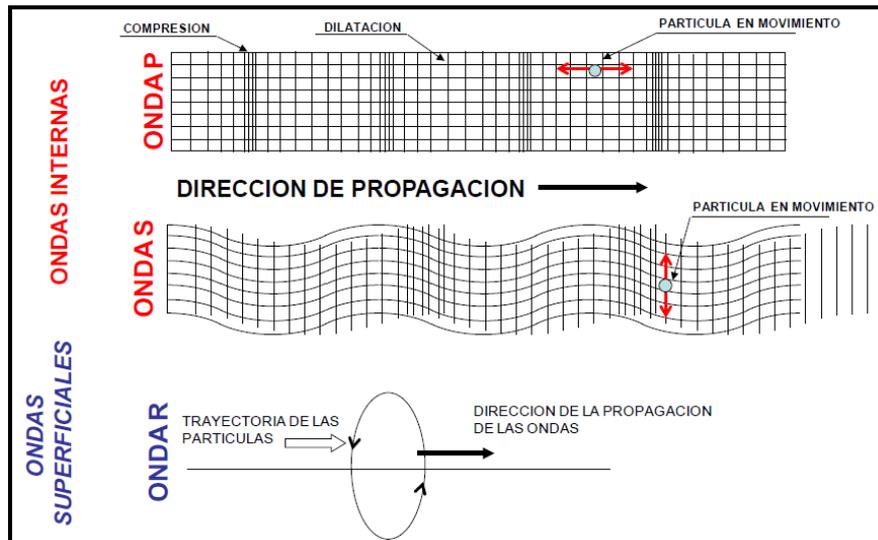
Figura N° 04: Falla Rubi

2.2. Bases Teóricas - Científicas

2.2.1. Generalidades Teóricas (Ondas Vibracionales)

Las vibraciones ocasionadas por la voladura se transfieren como ondas sísmicas, cuyo frente se desplaza en forma radial desde el punto de detonación, se clasifican en dos grupos: ondas internas y ondas superficiales. Por lo tanto, las ondas longitudinales o primarias "P" y las transversales o secundarias "S" son las más significativas en las ondas internas. En las superficiales, las ondas Love y Rayleigh son las que se producen con más frecuencia. A continuación, brindamos una descripción breve de cada tipo de onda producida por la voladura.

Figura 05. Ondas vibracionales (ondas internas y superficiales)

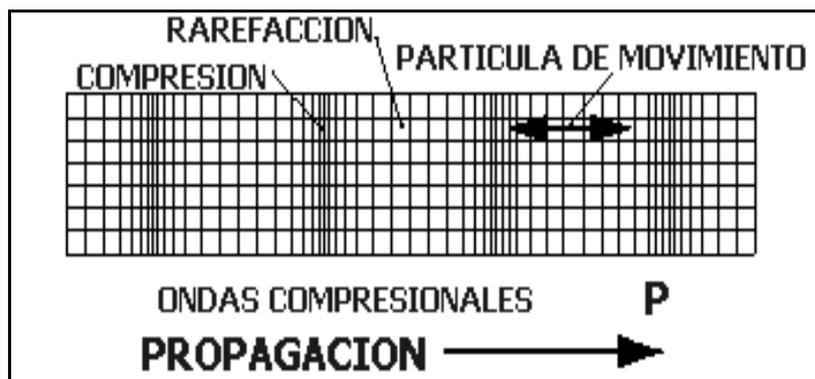


- **Ondas Primarias o Longitudinales “P”**

Las ondas P (PRIMARIAS O o PRIMAE) son ondas longitudinales o compresionales, lo que indica que el suelo se comprime y se dilata en la dirección de propagación. Estas ondas suelen viajar a una velocidad 1.73 veces mayor que las ondas S y tienen la capacidad de pasar por cualquier tipo de material líquido o sólido. En el agua, las velocidades típicas son de 1450 m/s y en el granito, cerca de 5000 m/s. En un medio isótropo y homogéneo la velocidad de propagación de las ondas P es:

Figura 06: Onda Primaria o Longitudinal “P”

$$v_p = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\mu}{\rho}}$$



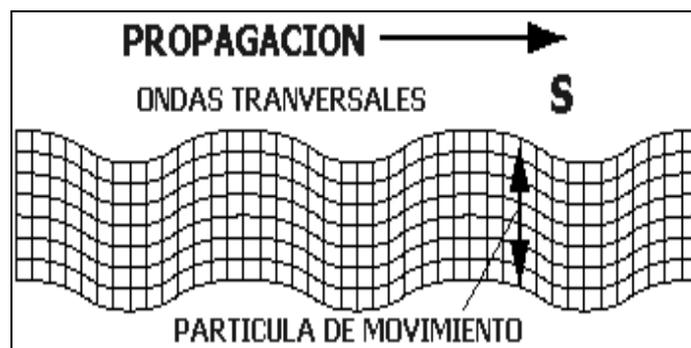
Donde K es el modulo de incompresibilidad, $f\hat{E}$ es el modulo de tajo o dureza y $f\hat{I}$ la consistencia del material a través del cual se irradia la onda mecánica. De estos tres parámetros, la densidad es la que presenta menor diferenciación por lo que la velocidad esta principalmente explícita por K y $f\hat{E}$.

• **Ondas Secundarias y Transversales “S”**

Las ondas S (SECUNDARIAS o SECUNDAE) son ondas en las cuales el desplazamiento es transversal a la dirección de propagación. Su velocidad es menor que la de las ondas primarias. Debido a ello, éstas aparecen en el terreno algo después que las primeras. Estas ondas son las que generan las oscilaciones durante el movimiento sísmico y las que producen la mayor parte de los daños. Sólo se trasladan a través de elementos sólidos. La velocidad de propagación de las ondas S en medios isótropos y homogéneos depende del módulo de corte μ y de la densidad ρ del material.

FIGURA 07: Onda Secundaria O Transversal “S”

$$v_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

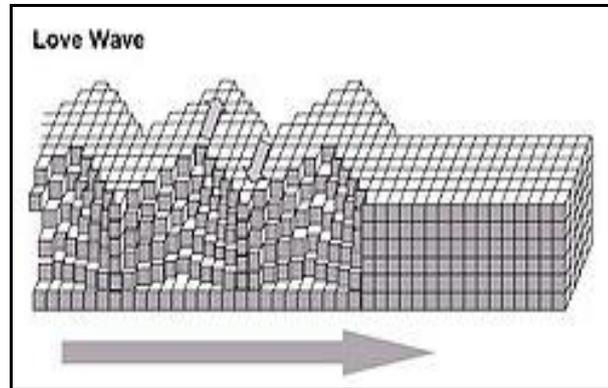


• **Ondas Superficiales**

Onda de Tipo Love. Son ondas superficiales que causan un movimiento horizontal de corte en superficie. Se denominan así en distinción al matemático Neozelandés A.E.H. Love quien desarrolló un modelo matemático de estas ondas en

1911. La velocidad de las ondas Love es un 90% de la velocidad de las ondas S y es ligeramente superior a la velocidad de las ondas Rayleigh.

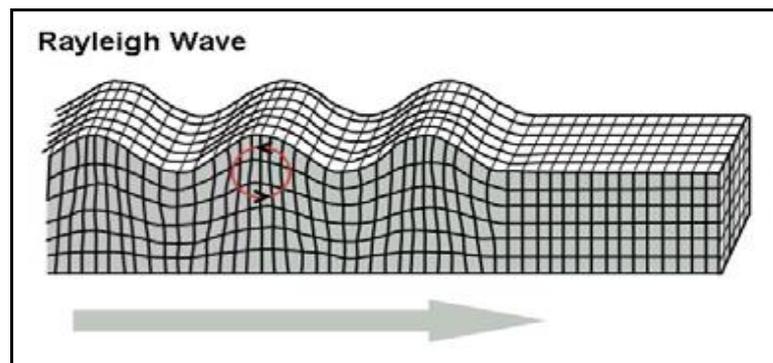
FIGURA 08: Onda Superficiales o Love “L”



- **Ondas de Tipo Rayleigh**

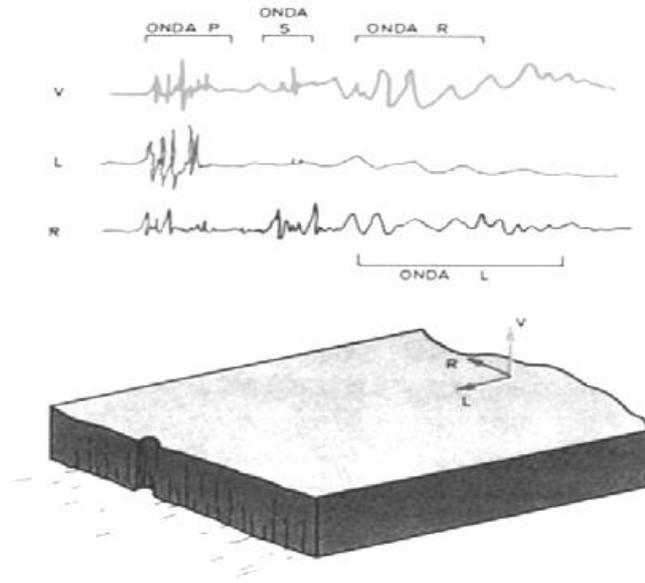
Las ondas Rayleigh, también llamadas ground roll, son ondas superficiales que causan un movimiento elíptico retrógrado del suelo. La existencia de estas ondas fue anunciada por John William Strutt, Lord Rayleigh, en 1885. Son ondas más lentas que las ondas de cuerpo y su velocidad de transmisión es casi un 70% de la velocidad de las ondas S.

FIGURA 09. Ondas Superficiales O Wave “W”



En el grafico siguiente podemos observar en donde se muestran las ondas tanto las primeras y secundarias, como las superficiales. Mediante este grafico podremos analizar los registros obtenidos de las voladuras del modelo y de las pruebas de onda elemental.

FIGURA 10: grafico de Ondas primeras y secundarias

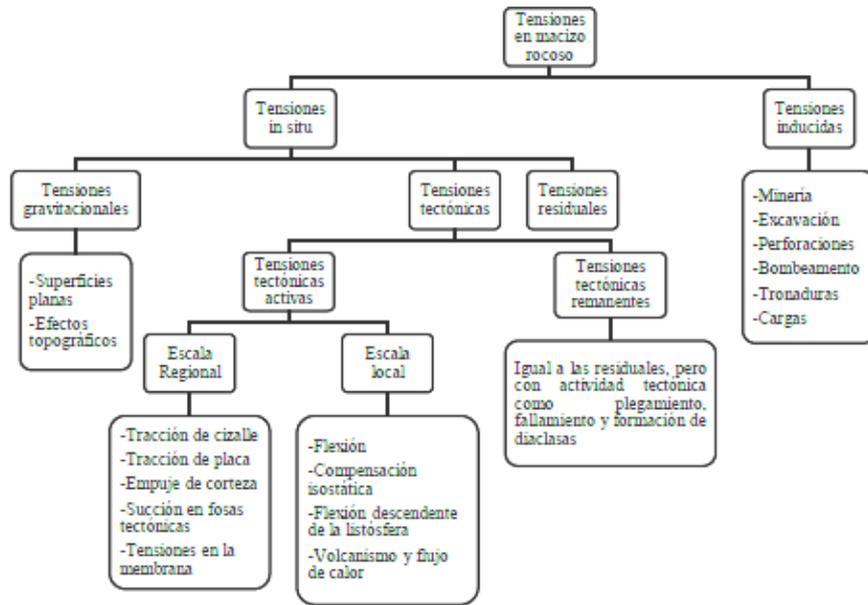


2.2.2. Tensiones en el macizo rocoso

La naturaleza de las cargas que actúan en una estructura subterránea es lo que la distingue de otros tipos de diseños estructurales. La carga impuesta en el sistema en estructuras superficiales convencionales está determinada por la geometría de la estructura y su sistema operativo. El sistema de carga de una estructura subterránea de roca se basa en el medio rocoso. (Brady y Brown, 2004).

Las tensiones in situ e inducidas son las dos categorías principales de tales cargas. El estado de tensiones in situ, denominado también estado de tensiones vírgenes o naturales, es el existente en un macizo rocoso a una profundidad dada, en un estado ausente de perturbaciones causadas por intervenciones antrópicas, como, por ejemplo, obras de ingeniería (Armelin, 2010). Las tensiones inducidas son las tensiones resultantes de las perturbaciones causadas por una excavación subterránea (Hoek & Brown, 1980) (Figura 11).

Fig. 11: Tensiones presentes en el macizo rocoso (Fuente: Ruiz, 2015)



2.2.3. Concepto de rigidez de la roca

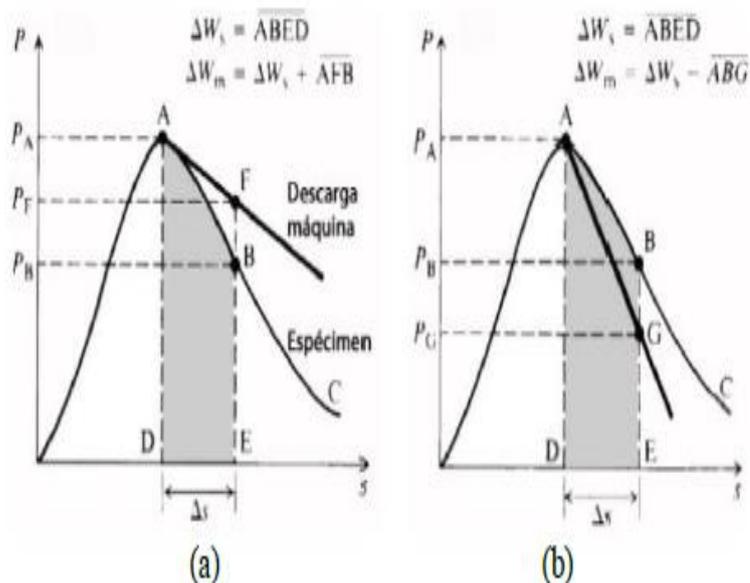
El debilitamiento quebradizo ocurre cuando la capacidad de una roca para soportar una carga disminuye a medida que aumenta la deformación. Muchas veces, esto ocurre con poca o ninguna deformación permanente antes del debilitamiento, y según las condiciones del ensayo, puede ocurrir de manera repentina y catastrófica. Las rupturas explosivas en minas profundas de roca dura son una ilustración gráfica del fenómeno de fractura explosiva quebradiza (Hoek y Brown, 1980). El modo en que se comporta el sistema máquina-testigo de roca en un ensayo de compresión simple es aproximadamente equivalente al modo en que se comporta el sistema máquina-testigo de roca.

La Figura 3 muestra que sucedería si la máquina es (a) “flexible” o (b) rígida con respecto al testigo. Imagine que el testigo está cargado a su resistencia máxima y es reducido a una pequeña cantidad más, Δs . Con el fin de adecuar este desplazamiento, la carga en el espécimen debe reducirse desde P_a a P_b , por lo tanto, una cantidad de energía Δw_s , dada por el área ABED en la Figura 3 (a) y

(b) es absorbida. Sin embargo, el desplazamiento Δs desde el punto A, en la maquina “flexible” sólo descarga hasta F y libera la energía de deformación almacenada ΔW_m , dada por el área AFED. En este caso $\Delta W_m > \Delta W_s$ y una falla catastrófica sucede luego de sobrepasar la resistencia máxima debido a que la energía almacenada por la máquina durante la descarga es mayor a la cual el espécimen puede absorber en la curva siguiente al post-falla que va desde A a B.

Si la máquina es más rígida con respecto al testigo en la región post-falla, la curva post-falla puede ser seguida. En la Figura 3 (b) $\Delta W_m < \Delta W_s$ y el exceso de energía liberado por la máquina, como energía de deformación almacenada, debe ser suplido con el fin de deformar la muestra a lo largo de ABC. Note que el comportamiento observado hasta, e incluyéndolo, la resistencia máxima, no está influenciado por la rigidez de la máquina (Brady & Brown, 2004). Incluso en máquinas muy rígidas, la deformación post-falla de algunas rocas muy duras con comportamiento frágil, de grano fino y homogéneo es casi imposible de controlar.

Figura 12: Descarga post-resistencia máxima usando una máquina (a) “flexible” y (b) rígida con respecto al testigo de roca (fuente: Brady y Brown, 2004)



2.2.4. Fenómeno de estallidos de roca

Un estallido de roca se define como un gran daño a una excavación que ocurre de manera violenta y repentina el cual está asociado a eventos sísmicos inducidos por la minería el cual puede provocar un violento abultamiento (bulking) (Figura 4 (a)) del contorno o eyección de roca desde el contorno de una excavación (Figura 4 (b)) (Kaiser y Cai, 2013). Con la definición explicada anteriormente se pretende distinguir este fenómeno del fenómeno de spalling el cual es la eyección de pequeñas partículas de roca de la capa más superficial del contorno de una excavación que a menudo se presentan como consecuencia de las altas tensiones presentes en el macizo rocoso y como fenómeno previo a un posible estallido de roca (Kaiser, 2017).

Fig. 13: Casos de estallidos de rocas en minas canadienses con distintos resultados (a) Bulking y (b) Eyección de roca resultando en bloqueo total de la galería (Fuente: Kaiser, 1996)



2.2.5. Explosión deformación

Una falla brusca y violenta de la roca cerca del borde de la excavación con focos sísmicos y daño localizado se conoce como explosión-deformación o

ruptura. Esta podría o no causar eyección de material; la mayoría de los estallidos son causados por tensiones inducidas por la minería, es decir, cambios en el régimen de tensiones y/o el sistema de rigidez de la mina como resultado del avance del túnel. El daño causado puede ser el resultado de la energía almacenada cerca de la excavación o el resultado de un evento sísmico. Si el daño solo se debe a la energía almacenada, el estallido se inicia por sí mismo, lo que provoca eventos sísmicos. En cambio, hay otros estallidos en los que la acción es gatillada y magnificada por un evento sísmico (Kaiser y Cai, 2013).

Según el gatillante y el tipo de proceso de un evento, los estallidos de roca se pueden diferenciar entre: strainburst auto iniciado, strainburst inducido por minería, strainburst sísmicamente gatillado y strainburst dinámicamente cargado (Kaiser, 2017).

- **Explosión-deformación auto iniciado**

El estallido de roca es causado por el debilitamiento gradual del macizo rocoso, lo que hace que las tensiones locales superen la resistencia del macizo rocoso. En este caso, el daño se debe únicamente a la energía almacenada en el volumen de la roca en proceso de falla y liberada en el contorno del macizo rocoso. La intensidad de la explosión-deformación está relacionada con la energía irradiada o la intensidad del evento sísmico asociado (movimiento sísmico causado por un estallido de roca).

- **Explosión-deformación inducido por la minería**

Los estallidos de roca son causados por sobrecargas dependientes del tiempo, desplazamientos causados por la minería o deformaciones que alteran los esfuerzos locales en el borde de la excavación de manera que las tensiones (temporalmente) alcanzan la resistencia del macizo rocoso. La intensidad del

strainburst es otra vez relacionada con la energía liberada o la intensidad del evento sísmico.

- **Explosión-deformación gatillado sísmicamente**

Debido a las altas tensiones in situ y/o la energía almacenada en la roca, en este caso las condiciones locales de tensión alcanzan y exceden el estado de equilibrio límite. El nivel de tensión, las características del macizo rocoso y la rigidez local de la mina determinarán el daño. La intensidad del evento sísmico no está relacionada con la intensidad, o está relacionada vagamente la intensidad. Ejemplos de esta forma de falla se dan en excavaciones ejecutadas con técnicas explosivas.

Simposio de Habilitación Profesional

En otras palabras, el abultamiento súbito y violento de la roca (bulking), que es principalmente altamente tensionada y fracturada debido a sobrecargas estáticas, es lo que causa el daño causado por un strainburst gatillado sísmicamente. Si está bien soportada, no habrá eyección de roca y la fricción del soporte consumirá toda la energía almacenada. Si el soporte falla al controlar el abultamiento, se observarán signos locales de fatiga (Kaiser y Cai, 2013).

2.3. Definición de Términos básicos

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones siguientes:

Presión

La presión es la fuerza por unidad de área o superficie. El control de la presión crea condiciones de operación seguras en la minería.

Cualquier trabajo abierto en una mina, al igual que un recipiente o tubería, tiene una presión máxima de operación y seguridad, que varía según las circunstancias del lugar, el material y el tipo de construcción o macizo rocoso.

Las altas presiones pueden causar inestabilidad en el trabajo minero, dañar infraestructura, maquinaria y bienes propiedad de la empresa, y, en última instancia, poner al personal en condiciones peligrosas y susceptibles a los accidentes.

Para tales propósitos, las minas deben contar con medidores de presión, cuyas lecturas absolutas precisas ayudarán a prevenir derrumbes, estallidos, deslizamientos o fracturas en el macizo rocoso. Este hecho es a menudo tan crucial como la seguridad extrema.

- **Energía Interna**

Es la fuerza que cualquier cuerpo puede almacenar y convertir en energía potencial. Para propósito de estudio, indicaremos que es la fuerza acumulada en el interior del macizo rocoso y que puede actuar violentamente al originar una excavación subterránea.

- **Esfuerzos**

Son las fuerzas inevitablemente presentes alrededor de cualquier excavación subterránea y son responsables de los deslizamientos y desprendimientos de rocas en las operaciones mineras.

- **Geomecánica**

Es la ciencia teórica y aplicada que estudia la conducta mecánica de la roca y las fuerzas formadas por la excavación subterránea, lo que ayuda a resolver las dificultades de sostenimiento en las labores mineras.

- **Discontinuidades**

Se le conoce comúnmente como rajadura, fractura o también juntas, conociendo bien esta cuantificación en una evaluación geomecánica se puede llegar a establecer la calidad de la masa rocosa.

- **Falla**

Es la fractura que separa dos bloques de roca, pudiendo haber movimiento uno respecto del otro.

- **Sostenimiento**

Cuando las condiciones de inestabilidad y seguridad lo requieran, es el refuerzo que requiere una labor. Para elegir el elemento de soporte adecuado, es necesaria una investigación y evaluación adecuadas del macizo rocoso.

- **Estabilidad**

En el campo de la minería, el término "estabilizar" se refiere a brindar una posición estable y duradera a las excavaciones subterráneas y a los taludes de trabajo a cielo abierto.

Se utilizan técnicas de sostenimiento con soportes metálicos, de madera o de relleno, con pernos, malla y otros elementos que fortalezcan la labor minera para lograr estabilidad en labores subterráneas.

- **Estallido o Reventazón De Rocas**

Los estallidos de rocas en las aberturas subterráneas son el debilitamiento y desprendimiento violento de los bloques rocosos dentro de la excavación subterránea. Es comúnmente atribuible a las siguientes circunstancias:

1. Presión de la masa rocosa alrededor de la excavación.
2. La debilidad del material como resultado de su incapacidad para soportar la presión del material grueso hace que la energía almacenada se libere de manera violenta, lo que resulta en la rotura.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Contando con un análisis, se podrá tomar medidas de control frente a la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización que nos permitirá evitar accidentes en la Empresa Minera los Quenuales, Unidad Minera Yauliyacu.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- a. Si Analizamos la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización, nos permita evitar accidentes en la Empresa Minera los Quenuales, _ Unidad Minera Yauliyacu.
- b. Al Tomar medidas de control frente a la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización, nos permita evitar accidentes en la Empresa Minera los Quenuales, _ Unidad Minera Yauliyacu

2.5. Identificación de Variables

2.5.1. Variables para la Hipótesis General

- **Variable Independiente:**

Análisis, y medidas de control frente a la ocurrencia de estallidos de rocas adecuadas

- **Variable Dependiente:**

Evitar accidentes en, la Empresa Minera,

2.5.2. Variables para las hipótesis específicas

- **Para la hipótesis a.**

Variable independiente

Análisis de la ocurrencia de estallidos de rocas

Variable dependiente

Evitar accidentes en, la Empresa Minera.

- **Para la hipótesis b.**

Variable independiente

Medidas de control frente a la ocurrencia de estallidos de rocas.

Variable dependiente

Evitar accidentes en, la Empresa Minera.

2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores

| HIPOTESIS | VARIABLE | INDICADOR |
|---|--|---|
| <p>Hipótesis General Contando con un análisis, se podrá tomar medidas de control frente a la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización que nos permitirá evitar accidentes en la Empresa Minera los Quenuales, _ Unidad Minera Yauliyacu.</p> | <p>Variables Independiente Análisis, y medidas de control frente a la ocurrencia de estallidos de rocas adecuadas</p> <p>Variables Dependientes Evitar accidentes en, la Empresa Minera.</p> | <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escases de suministros • Punto de reposición • Caducidad |
| <p>Hipótesis Especificas</p> <p>a. Si Analizamos la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización, nos permita evitar accidentes en la Empresa Minera los Quenuales, _ Unidad Minera Yauliyacu.</p> <p>b. Al Tomar medidas de control frente a la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización, nos permita evitar accidentes en la Empresa Minera los Quenuales, _ Unidad Minera Yauliyacu</p> | | <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suministros con sobre stock • Suministros con stock 0 • Suministros con stock optimo |

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación es de carácter APLICATIVO, acorde a las intenciones y naturaleza de la investigación.

3.2. Nivel de Investigación

Está ubicado el estudio, en el nivel descriptivo, explicativo y de correlación.

3.3. Métodos de Investigación

A razones de asumir todos los factores que intervienen en el problema planteado, se consideró los métodos: deductivo, inductivo, síntesis y análisis.

3.4. Diseño De Investigación

El diseño que presento en la investigación será por objetivos, de acuerdo al esquema siguiente:

OG = OBJETIVO GENERAL

HG = HIPÓTESIS GENERAL

CG = CONCLUSIÓN GENERAL

3.5. Población y Muestra

3.5.1. Población

Está compuesta por todas las labores del interior de la mina en la Compañía Minera Los Quenuales, Unidad Yauliyacu

3.5.2. Muestra

Se determino tomar como muestras específicamente tres galerías en el nivel 2100 y 3000 como puntos de control dentro de la mina.

3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

3.6.1. Técnicas

Las técnicas principales que utilizaré en la investigación son:

- Encuestas y Entrevistas
- Observación
- Análisis Documental

3.6.2. Instrumentos

Los principales instrumentos que utilizare en la investigación son:

- Guía de entrevista
- Cuestionario
- Guía de Análisis Documental
- Guía de Observación
- Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La evaluación de las Normas de seguridad, nos permitirá establecer las propuestas para la implementación y adecuación de la ISO 45001.

Recolección de datos o respuestas. Implica la evaluación de las Normas de seguridad para elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzca a reunir datos para determinar un adecuado proceso de adecuación del ISO 45001.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

- Análisis y revisión biográficos: Para la recopilación de formación de temas logísticos.
- Análisis crítico de datos: En las evaluaciones del valor de inventario óptimo.
- Organización de datos: En las evaluaciones del valor de inventario óptimo
- Formulación de organizadores visuales
- Talas y cuadros de análisis
- Análisis estadísticos

3.9. Tratamiento Estadístico de Datos

- Tabulación de resultados
- Formación de organizadores visuales
- Talas o cuadros
- Listas
- Gráficos: Circular, de barras, Gráficas cartesianas

3.10. Orientación Ética filosófica y epistémica

La investigación se realizó, los siguientes principios éticos en el ejercicio profesional que son: Compromiso, Responsabilidad, Autonomía, Confidencialidad destinado y orientada a no dañarla ni perjudicar la responsabilidad de las personas.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del Trabajo de Campo

La empresa minera los Quenuals – unidad minera Yauliyacu

Ubicación y Accesibilidad

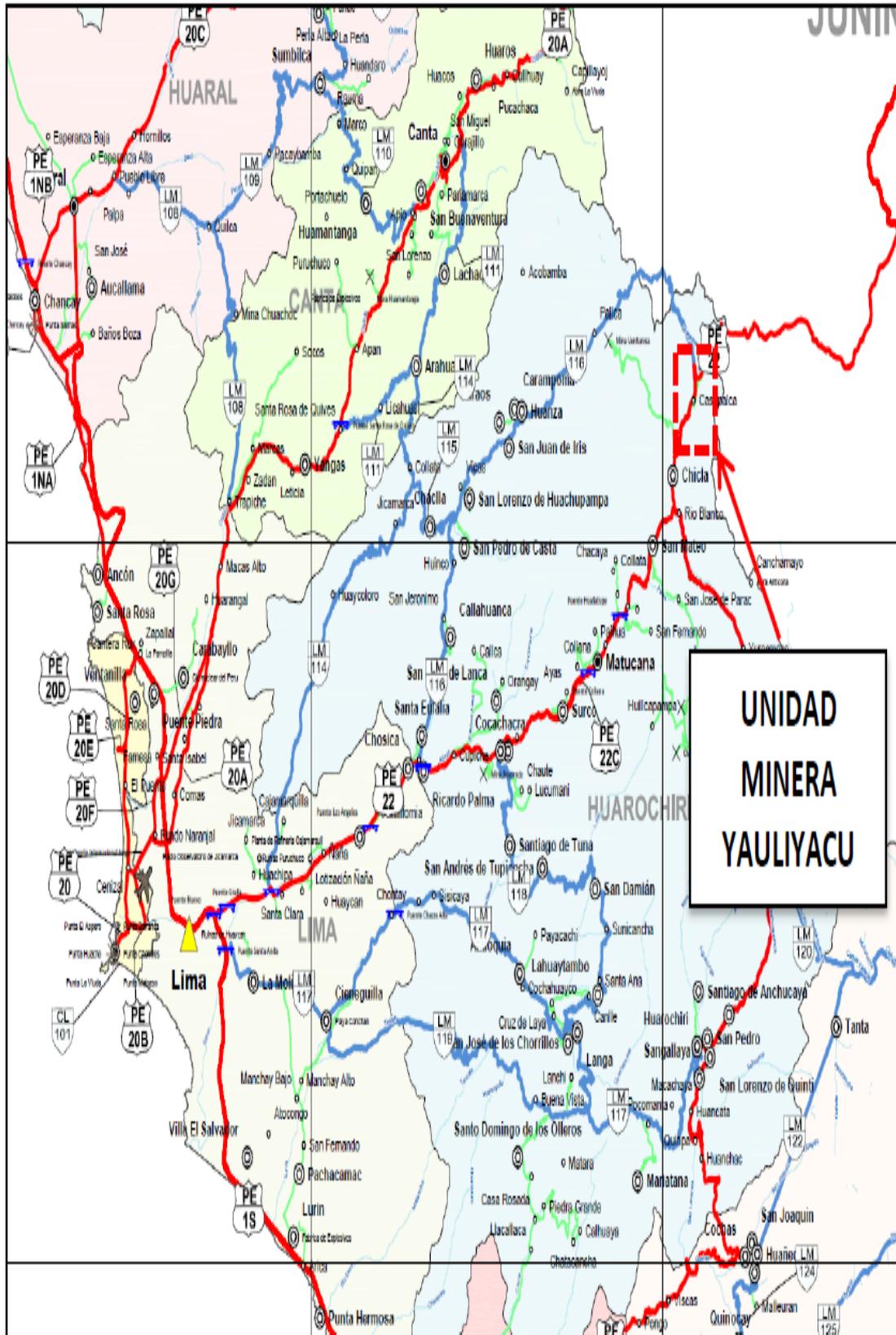
El yacimiento de Yauliyacu se encuentra ubicado al Este de la ciudad de Lima, políticamente pertenece al distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, región de Lima. Localizado Geográficamente, en la zona central, flanco Oeste de la Cordillera Occidental de los Andes, entre las siguientes coordenadas:

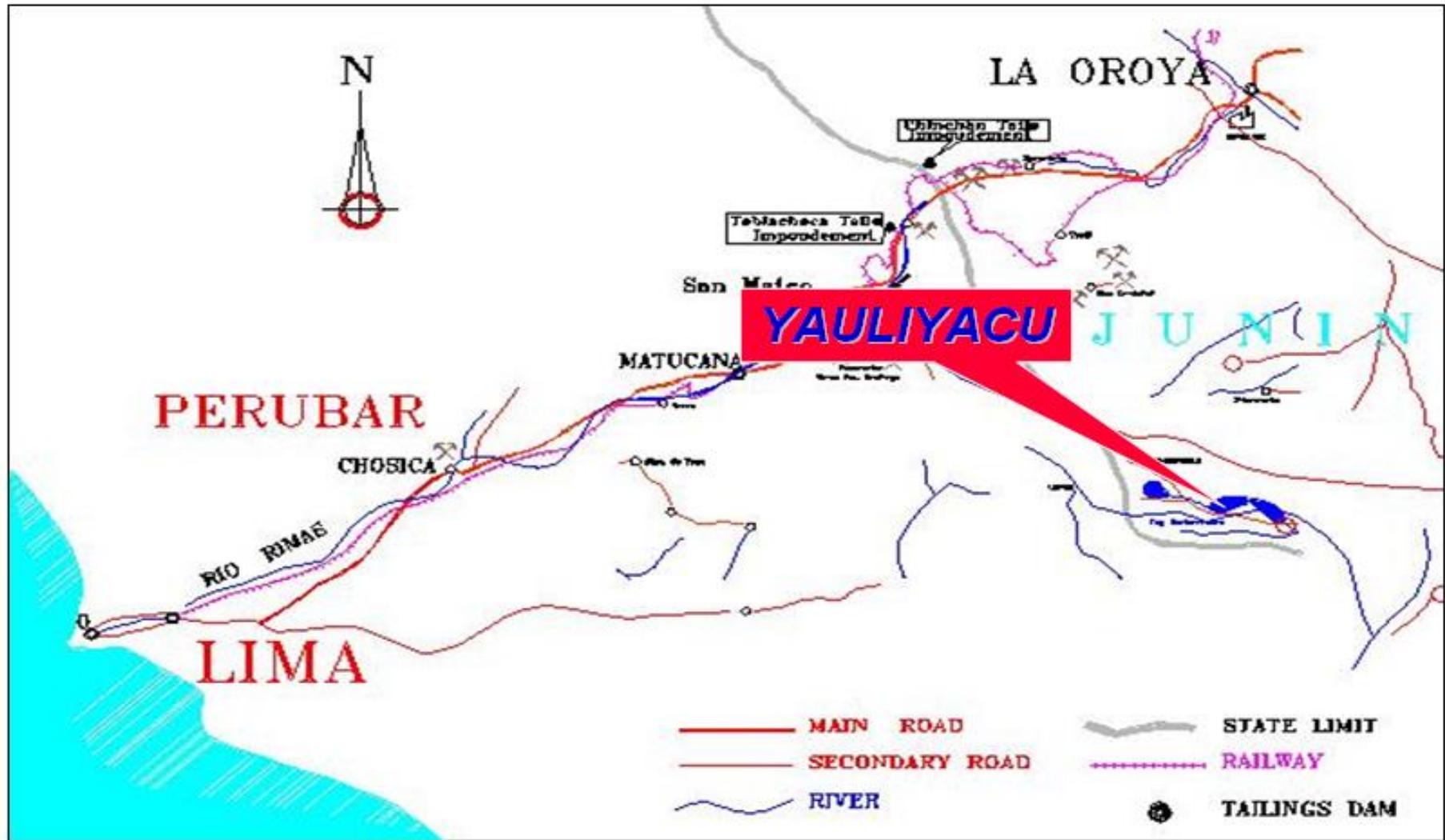
76°10'00'' W

11°30'00'' S

Con una elevación promedio de 4200 m.s.n.m.

La mina Yauliyacu es accesible mediante la carretera central, ubicada al este de la ciudad de Lima a 120 Km., también es accesible mediante la vía ferroviaria Central Andina.





Geología General

La secuencia estratigráfica del distrito incluye rocas sedimentarias y volcánicas del Cretáceo al Cuaternario. Los pliegues invertidos que se desarrollan en el distrito se orientan paralelamente a la dirección general de los Andes. El anticlinórium Casapalca es la estructura principal del distrito, que se caracteriza por un pliegue moderadamente abierto en su parte central. Este pliegue se cierra hacia el norte y forma una falla inversa de empuje con un desplazamiento hacia el este. La secuencia sedimentaria y volcánica está llena de cuerpos intrusivos de composición intermedia.

Fisiografía

El relieve topográfico de Yauliyacu es moderadamente accidentado, con geoformas que indican un estado avanzado de madurez, donde existen quebradas extensas y amplias.

Drenaje

Los cursos de agua de la zona se dividen en dos sistemas direccionales de quebradas, NR-SW, a los que convergen las otras quebradas más pequeñas.

Los cursos temporales de agua fluyen por el diseño de drenaje detrítico sub paralelo, que está controlado por estructuras y su trayectoria generalmente es rectilínea.

Clima y Vegetación

El clima de Yauliyacu es seco y frígido con cambios de temperatura marcados durante el transcurso del día y la noche.

Las lluvias mayormente se producen principalmente durante los meses de enero a marzo con un promedio de 128 mm.

La vegetación se hace más exuberante en los meses de lluvias, siendo sus principalmente plantas: el hichu, la huamanpinta y los pastos naturales.

Estratigrafía

La columna unidades estratigráfica que afloran al rededor del yacimiento de Yauliyacu esta principalmente conformada de calizas, capas rojas, brechas y flujos volcánicos.

Cretáceo Superior

Grupo Machay

El grupo de Casapalca, ubicado en la parte suroeste del distrito, está formado principalmente por calizas con intercalaciones de lutitas arenosas y no ha sido investigado en profundidad.

Formacion Jumasha

Las rocas de esta formación no se encuentran en la superficie dentro del área de Casapalca. Sin embargo, los túneles Gratón interceptaron una secuencia relacionada con esta formación, compuesta por calizas grises con algunas intercalaciones de lutitas, en el nivel 5200 aproximadamente. A lo largo de las montañas que conforman la Divisoria Continental, se pueden encontrar secuencias destacadas de calizas Jumasha, que tienen un color gris claro distintivo en comparación con las calizas oscuras de la formación Pariatambo, que pertenecen al grupo Machay (J.J. Wilson, enero de 1963). Microscópicamente, se pueden observar venillas y puntos de epidota, clorita y granates en las rocas, lo que crea una alteración similar al skarn. Además, se pueden encontrar vetillas y disseminaciones de pirita, esfalerita, calcita, calcopirita y tetraedrita en esta región.

La formación de tremolita y finos granos de cuarzo a partir de la calcita se ha observado en estudios microscópicos de estas rocas (Rye y Sawkins). Las vetas finas de grosularia, epidota, tremolita, calcita, cuarzo y sulfuros se encuentran esparcidas en el skarn. Pirita, esfalerita con inclusiones de calcopirita de primera etapa, tetraedrita y calcopirita de etapa posterior son los sulfuros presentes en la matriz de cuarzo y calcita.

Se ha descubierto mediante estudios de secciones delgadas de muestras tomadas en la chimenea Raise Borer que conecta el nivel 3900 con el túnel Graton, que:

- Muestra A (altura del nivel 3900, Graton Túnel) arenisca cuarzosa con matriz calcosilicatada, piritizada, epidotizada y calcitizada (G. Alric).
- Muestra B-C-D-E (altura del nivel 3900, intermedias entre este nivel y el túnel Graton) arenisca calcárea; cloritizada, piritizada, silicificada (M. Dalheimer).

Terciario

Formación Casapalca

Constituye la formación más antigua que se puede encontrar en la zona. El anticlinal Casapalca, que se extiende por el río Rímac y contiene una variedad de rocas sedimentarias de ambiente continental, lo forma. Esta formación se ha dividido en tres miembros (ver la columna estratigráfica). La siguiente es una descripción de los dos miembros principales:

Capas Rojas

Este miembro se distingue por las intercalaciones de lutitas y areniscas calcáreas, con coloraciones rojizas en el conjunto debido a las finas diseminaciones de hematita. Las areniscas tienen una textura de grano fino a grueso y suelen tener una débil estratificación.

No han sido identificados estratos de la formación Celendín, ni fósiles dentro de las capas rojas que hagan posible la asignación de una edad precisa; sin embargo, por su relación estratigráfica se les ha asignado una edad que puede estar entre fines del Cretáceo y comienzos del Terciario (T.S. Szekely 1967).

Conglomerado Carmen

En las capas rojas se ubican varios paquetes de conglomerado y calizas que están entrelazados con capas de areniscas y lutitas de una potencia de 80 a 200 metros, conocidos como miembro Carmen. Los conglomerados, que también se encuentran en lentes, están compuestos de guijarros y cantos rodados de cuarcitas y calizas en una matriz areno-arcillosa y cemento calcáreo.

Formación Carlos Francisco

Encima de las rocas sedimentarias se ubica una extensa colección de rocas volcánicas llamadas formación Carlos Francisco. Ha sido dividido en tres miembros:

- **Volcánicos Tablachaca**

Sobre yacimiento el miembro Carmen, que está separado de este por lutitas de diferente fuerza, se encuentra una serie de rocas volcánicas formadas por tufos, brechas, conglomerados, aglomerados y rocas porfiríticas efusivas que forman el miembro Tablachaca.

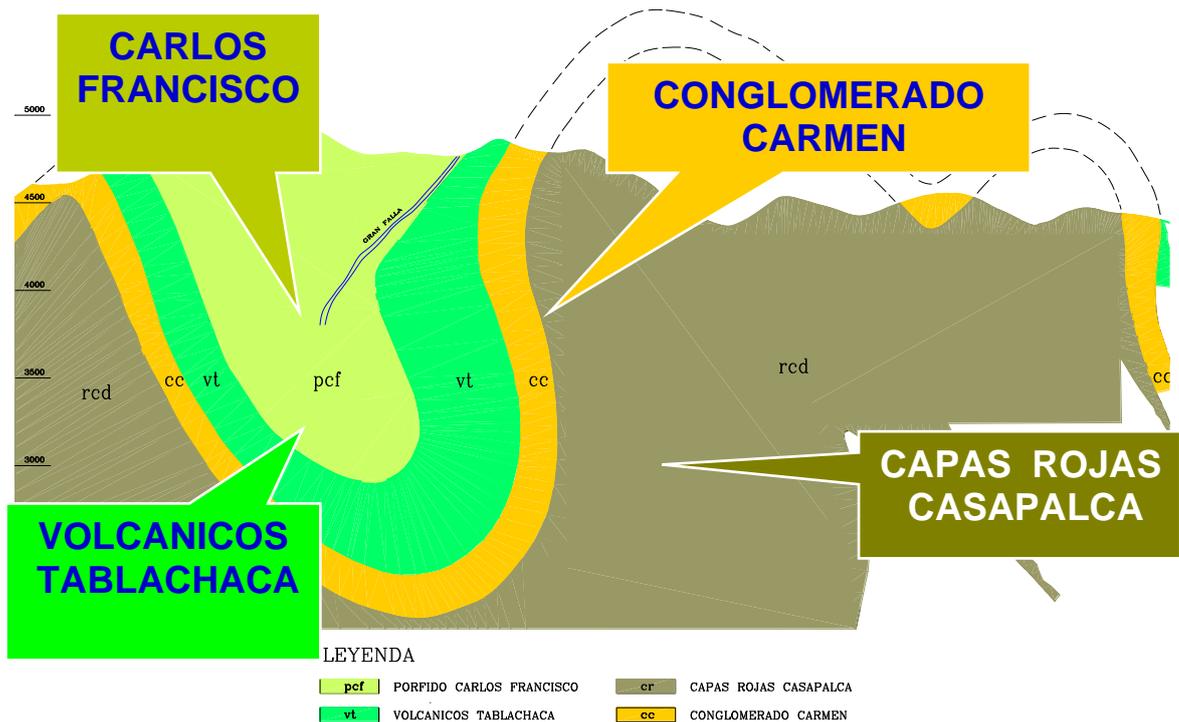
- **Volcánicos Carlos Francisco**

Los volcánicos Carlos Francisco se encuentran en el miembro Tablachaca y se componen de flujos andesíticos masivos y fragmentados (brecha). La matriz de roca porfirítica rojiza contiene capas de brecha de fragmentos porfiríticos angulares, que suelen ser de color verde. Las andesitas porfiríticas tienen una

tonalidad de gris oscuro a verde y se encuentran entre las brechas. Los fenocristales de feldespatos son notables y se han alterado a calcita y clorita.

- **Tufos Yauliyacu**

Los volcánicos Carlos Francisco, están de sobre los tufos Yauliyacu de manera uniforme. Este componente incluye tufos rojizos de grano fino.



Formación Bellavista.

Está formación esta conformado por capas delgadas de calizas de color gris con algunas intercalaciones de calizas gris oscura con nódulos de sílice, tufos de grano fino y lutitas rojizas.

Formación Rio Blanco.

La formación Bellavista está rodeada por una gran cantidad de volcanes bien estratificados, formados por tufos de lapilli rojizo con intercalaciones de grietas y riolitas. En la parte inferior de la formación se encuentran varias capas

de caliza. Aunque las fuentes de agua fluyen hacia el sureste, la ubicación más visible es entre Chicla y Río Blanco, a 12 km. al suroeste de Casapalca.

Cuaternario

El Cuaternario está considerado en la región de Casapalca por una serie de depósitos glaciares y conos de remanentes de reciente formación.

Pleistocénico

Debajo de los depósitos glaciares recientes existen potentes series de morrenas terminales a elevaciones aproximadas de 4,300 a 4,500 m sobre el nivel del mar, no han sido encontrados signos de glaciación debajo de estas elevaciones en el valle del Rímac; sin embargo en otros valles, depósitos glaciares fueron encontrados en elevaciones de 3,900 m (H.E.Mckinstry y J.A. Noble, 1932).

Reciente

Consiste de materiales inconsolidados compuestos por clastos angulosos de tamaños diversos, que forman taludes y conos.

Rocas Intrusivas

Varios cuerpos intrusivos de composición intermedia aparecen en el distrito, químicamente parecidos con alto contenido de soda, aunque difieren en textura y alteración.

a. Pórfido Taruca

Diques y stocks que instruyen a los volcánicos aflorantes en la región La Americana, que se encuentra al sureste del área. En el cerro Taruca se encuentra una reserva de forma larga que se extiende hacia el norte y hacia el sur. Estos diques y stocks son porfiríticos, con una matriz afanítica que contiene

fenocristales de feldespatos (oligoclasa-albita), hornblenda y poco cuarzo. Se les conoce como andesitas porfíricas.

b. Diques de Diabasa

Las capas rojas afloran al SO del área, mediante diques de diabasa de grano fino y de color gris oscuro. Los anchos de estos diques van desde unos pocos centímetros hasta los 20 metros.

c. Pórfido Victoria

En la parte norte del área, hay un cuerpo intrusivo de color gris claro. El afloramiento tiene un ancho de aproximadamente 300 metros. La matriz fina de sericita de la roca contiene fenocristales de albita y poco cuarzo.

| | | ESTRATIGRAFIA | SIMBOLOS | | |
|----------------------|-----------|--|--|--|---|
| CUATERNARIO | | <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; margin-right: 5px;"></div> <div>Sin información</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="background-color: yellow; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">Q</div> <div>Cuaternario <i>Depósitos glaciares</i></div> </div> |  Rumbo y buzamiento de estratos  Estratos invertidos  Estratos verticales  Estratos horizontales  Contacto geológico observado  Contacto geológico inferido  Falla  Falla inferido  Falla normal  Falla inversa  Falla y buzamiento  Falla de rumbo  Eje de anticlinal  Eje de sinclinal  Buzamiento del eje  Mina en actividad  Mina abandonado  Senal geodésica  Cota | | |
| | TERCIARIO | Rocas Intrusivas | <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="background-color: orange; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">Tar</div> <div>Taruca <i>Andesitas porfíricas (diques, stocks)</i></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="background-color: brown; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">Frg</div> <div>Fraguamachay</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="background-color: olive; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">Vc</div> <div>Victoria <i>Diorita con matriz de sericita</i></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="background-color: purple; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">Vu</div> <div>Veintiuno <i>Andesita</i></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="background-color: red; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">Mg</div> <div>Meiggs <i>Diorita</i></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="background-color: pink; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">Hb</div> <div>Huayracancha <i>Brecha volcanica</i></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="background-color: magenta; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">Hd</div> <div>Huayracancha <i>Diorita porfírica</i></div> </div> | | |
| | | | <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="background-color: lightblue; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">Rb</div> <div>Formación Río Blanco <i>Tufos, intercalaciones de caliza</i></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="background-color: lightblue; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">Bv</div> <div>Formación Bellavista <i>calizas, tufos y lutitas rojas</i></div> </div> | | |
| Fm. Carlos Francisco | | | <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="background-color: lightgreen; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">Y</div> <div>Miembro Yauliyacu <i>Tufos rojos</i></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="background-color: lightgreen; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">CF</div> <div>Miembro Carlos Francisco <i>Flujos andesíticos porfíricos</i></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="background-color: lightgreen; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">Tab</div> <div>Miembro Tablachaca <i>Tufos y brechas porfíricos</i></div> </div> | | |
| | | | Fm. Casapalca | <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="background-color: orange; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">Crm</div> <div>Miembro Carmen <i>conglomerados, areniscas y lutitas</i></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="background-color: olive; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">CR</div> <div>Miembro Capas Rojas <i>Lutitas y areniscas calcáreas (rojo)</i></div> </div> | |
| | | | | | <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="background-color: lightgreen; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">Jum</div> <div>Formación Jumasha <i>Calizas con lutitas arenosas</i></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="background-color: lightgreen; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">Goy</div> <div>Formación Goyllarisquizga <i>Areniscas, lutitas y cuarcitas</i></div> </div> |
| CRETACICO | | | | | |

Consideraciones para el minado en profundidad

Minado en profundidad

En Perú, aún no se ha establecido un reglamento que determine si una mina debe ser considerada Mina Profunda. Australia, Canadá y Sudáfrica tienen

Minas profundas de Australia

| Nombre Mina | Compañía | Localización | Mineral | Profundidad de producción aprox. (m) |
|----------------------|------------------|------------------------------------|------------|--------------------------------------|
| Enterprise | Xstrata Copper | Mount Isa, Queensland | Cu | 1650 |
| Mount Magnet Hill 50 | Harmony Gold | Mount Magnet, Western Australia | Au | 1500 |
| Otter - Juan | Gold Fields Mine | Kambalda, Western Australia | Ni | 1350 |
| Black Swan Nickel | Gold Fields Mine | Near Kalgoorlie, Western Australia | Ni | 1200 |
| Broken Hill | Perilya | Broken Hill, New South Wales | Pb, Zn, Ag | 1200 |
| Perseverance | BHP | Leinster, Western Australia | Ni | 1000 |
| Kanowna Belle | Barrick Gold | Near Kalgoorlie, Western Australia | Au | 1000 |

Minas profundas de Canadá

| Nombre Mina | Compañía | Localización | Mineral | Profundidad de producción aprox. (m) |
|-------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| La Ronde | Agnico Eagle | Cadillac, Quebec | Au, Ag, Cu, Zn | 2200 |
| Creighton | CVRD - Inco | Sudbury, Ontario | Ni, Cu, Co, | 2200 |
| Kidd "D" | Xstrata Copper | Timmins, Ontario | Cu, Zn, Ag | 2000 |
| Craig | Xstrata Nickel | Sudbury, Ontario | Ni, Cu | 1700 |
| Fraser | Xstrata Nickel | Sudbury, Ontario | Ni, Cu, Co, | 1600 |
| Lindsey | Xstrata Nickel | Sudbury, Ontario | Cu, Ni, Co, Au, Pt, Pd, Ag | 1600 |
| Macassa | Kirkland Lake Gold Inc. | Kirkland Lake, Ontario | Au | 1500 |

Minas profundas de Sudáfrica

| Nombre Mina | Compañía | Localización | Mineral | Profundidad de producción aprox. (m) |
|---------------|--------------------|------------------------|---------|--------------------------------------|
| Savuka | Anglogold Ashanti | Carletonville, Gauteng | Au | 3800 |
| Moab Khotsong | Anglogold Ashanti | Klerksdorp, Nort West | Au | 3700 |
| Elandsrand | Harmony Gold | Carletonville, Gauteng | Au | 3600 |
| Mponeng | Anglogold Ashanti | Carletonville, Gauteng | Au | 3375 |
| Bambanani | ARM Gold / Harmony | Welkom, Free State | Au | 3325 |
| Tau Tona | Anglogold Ashanti | Carletonville, Gauteng | Au | 3000 |
| South Deep | Gold Fields | Ranfontein, Gauteng | Au | 2700 |

Minas profundas de Perú

| Nombre Mina | Compañía | Localización | Mineral | Profundidad de producción aprox. (m) |
|-------------|---------------|-----------------------|-------------|--------------------------------------|
| Yauliyacu | Glencore | Casapalca | Zn, Pb, Ag | 1500 |
| El Porvenir | Milpo | San Francisco de Asís | Zn,Pb,Cu,Ag | 1400 |
| Uchucchacua | Buenaventura | Oyon | Ag | 1300 |
| San Rafael | Minsur | Antauta | Sn, Cu | 1200 |
| Cobriza | Doe Run Perú | San Pedro de Cori | Cu | 1100 |
| Poderosa | C.M. Poderosa | Pataz | Au | 1000 |
| Retamas | Marsa | Parcoy | Au | 900 |

Riesgos en profundidad

Masa rocosa suave y dúctil.

La roca sufre una alta convergencia en el tiempo



Masa rocosa dura y frágil

Se proporcionará la Sismicidad Inducida por la operación y el riesgo de estallidos de roca.



Factores que influyen para producirse los estallidos de rocas

Eventos sísmicos

Es cuando la roca revienta de un momento a otro, debido a una alta acumulación de energía. Es casi imposible determinar en donde y cuando ocurrirá un Estallido de Rocas.

Los eventos sísmicos se pueden dividir en dos según la manera de presentarse o la intensidad con que la energía es liberada.

- Eventos sísmicos leves y/o
- Estallido de Rocas.

Eventos sísmicos leves:

Leves sonidos, ruidos y craquelamientos en el interior del macizo los cuales se presentan seguidamente hasta piensan que es normal y no lo reportan.

Estos son avisos de que el macizo se está acomodando o este relajándose, para eso necesitan una inspección diaria y las recomendaciones de acuerdo a los parámetros que se tiene que tomar en cuenta.



Estallido de Rocas:

Se reconoce por los sonidos (craquelamiento) que hace antes y durante el proceso de liberación de esfuerzos, haciendo que la roca se reviente, ocasionando proyecciones de la roca o a manera de lascas (escamas) o de grandes bloques.

Por ningún motivo ingresar o pasar cerca de la zona de Estallido de Rocas. Avisar al Supervisor inmediato y acordonar el área con cinta amarilla de peligro de no ingresar al área comprometida

Una vez liberada toda la energía (no hay sonidos); el jefe de guardia de la Empresa Especializada y el Departamento de Geomecánica definirán la culminación del proceso de Estallido de Rocas, que suele ser generalmente a las 48 horas de iniciado el proceso, se debe de desatar la zona y sostenerla con split set y malla electro soldada.

Estos estallidos se dan también por un sostenimiento inoportuno del terreno o después de las condiciones del caso.



Riesgo sísmico

Es generalmente definido como la favorable ocurrencia de eventos de cierta magnitud. No es ampliamente aceptada la medida usada para cuantificar riesgo sísmico. Si la probabilidad de eventos sísmicos grandes es alta, el riesgo sísmico es considerado alto. Si la probabilidad de grandes eventos es baja, riesgo sísmico es considerado bajo. Confiando en la evaluación de ubicaciones de alto y bajo riesgo sísmico es frecuente el objetivo del monitoreo sísmico en minas.

Daños de Eventos Sísmicos

Los daños son perjuicios variables e impredecibles que en La unidad Minera Yauliyacu han ocasionado pérdidas en la producción y de costos. No existen soluciones completas o explicaciones. Sin embargo, la visión en daños de estallido de roca puede ser obtenida a través del entendimiento del mecanismo de falla de estallido de roca potencial y las condiciones en las cuales los mecanismos de falla están propensos a ocurrir.

Los tres tipos de daños pueden ocasionar un estallido de rocas.

Rocas abultadas debido al fracturamiento (tope): es cuando se acumula rocas tanto en el techo como en las cajas, si encuentra mallas estas quedan abultadas y cagadas.



Eyección de roca debido a la transferencia de energía sísmica (medio)



Fallas en las rocas inducen temblores sísmicos (base)



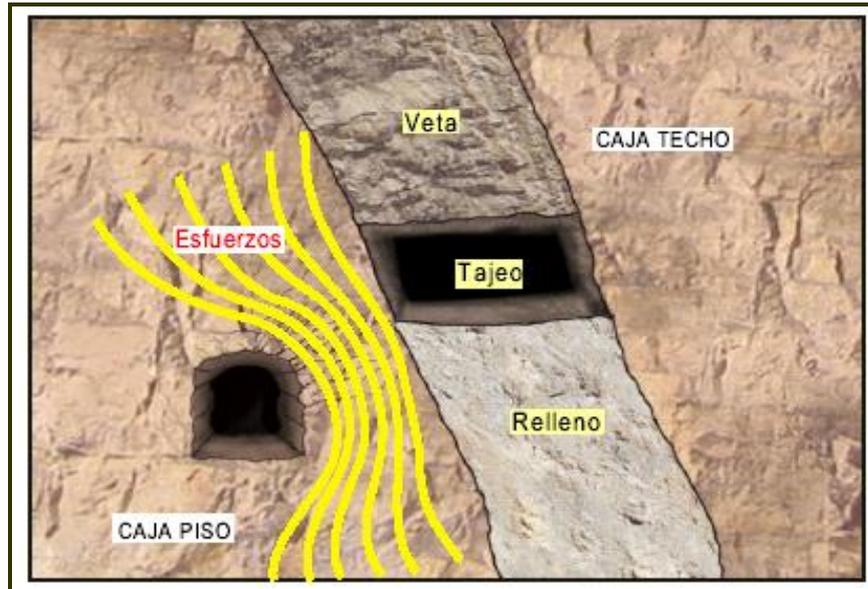
Causas

Variación de Condiciones Insitu

El proceso de minado es estáticamente equivalente a la introducción de un conjunto de fuerzas sobre las superficies de la excavación, igual en magnitud, pero en sentido opuesto a las que actuaban originalmente. Esto se debe a que antes del minado, el material a ser excavado ejerce fuerzas de sostenimiento naturales sobre la roca circundante.

La acción de estas fuerzas inducidas por el minado

Las perturbaciones mecánicas causadas por estas causas causan cambios en el medio rocoso, como desplazamientos en la roca cercana hacia el vacío minado, así como nuevos estados de esfuerzo y desplazamientos en las áreas remanentes de mineral, los pilares y otras excavaciones adyacentes. Estos desplazamientos son el resultado de los esfuerzos inducidos por el minado y del estado inicial de esfuerzo en la masa rocosa.; y finalmente, Las fuerzas superficiales inducidas causan desplazamientos superficiales inducidos y aumentan la energía de deformación de la masa rocosa. Esta energía de deformación se almacena localmente en áreas con mayor concentración de esfuerzos.



Los diferentes cortes realizados en el macizo lo reestabiliza formándose acumulación de esfuerzos que necesitan liberarse.

Condiciones geológicas - calidad del macizo rocoso

Por las siguientes razones, una masa rocosa puede estar al borde del equilibrio inestable: existencia de una discontinuidad geológica previa; cambios en los esfuerzos que provocan la falla repentina de un volumen de roca; y cuando algún sistema de soporte natural y/o artificial se acerca a su colapso inestable.



Observando analíticamente notamos roca mármolizada que ofrece un sostenimiento natural, pero por seguridad se puede sostener.

Diseño de minado:

Forma y dimensiones de la excavación, verificando el arco natural el efecto de cañas en mal estado y dimensiones de la labor fuera del estándar.



Podemos observar la altura de acceso y el efecto de caña que son muy altos de 6m x4m y no se ve ninguna caña.

Sostenimiento:

Ante un sostenimiento inoportuno y inadecuado el macizo rocoso responde con ruidos y hasta estallido de roca, ya que los elementos son los que controlan los estallidos y ejercen esa fuerza de sostenimiento que se les ha quitado durante el minado.



En esta fotografía se encuentra una mala instalación del perno split set, primera observación que está en el techo siendo esto colocado en cajas.

El Medio Geológico

La presencia de plegamientos.

El minado en sistemas de plegamiento principales en algunas minas metalíferas y principalmente en minas carboníferas crea zonas muy susceptibles a la ocurrencia de estallidos de rocas.

a. Propiedades del comportamiento mecánico del medio geológico

Así, se ha determinado que generalmente los estallidos suceden en rocas que tienen resistencias compresivas en el rango de 100 a 400 Mpa.

- Las rocas con módulos de elasticidad de 40 a 100 GPa son expuestas a estallidos



Ensayo de laboratorio para establecer la resistencia a la compresión uniaxial

Instrumentos de constantes elásticas



b. El campo de esfuerzos original

Antes de comenzar las labores de extracción de minas, los intentos iniciales se encuentran en un estado de equilibrio comparativo, pero al alterar el entorno, estos se desplazan y provocan la caída del cerro. Esto se suma a la presión litostática aumentada como resultado de la profundidad de las excavaciones.

Factores que influyen para producirse los estallidos de rocas posteriores al minado

Los factores distinguidos Posteriores al minado, fundamentalmente comprenden:

Los esfuerzos inducidos por el minado

En las áreas con altas concentraciones de esfuerzos provocados por el minado, se producen diversos mecanismos complejos, incluyendo el

almacenamiento de la energía de deformación, que puede generar un estallido de rocas, constituyendo una fuente de energía sísmica.

La energía de deformación

la energía de deformación causada por las concentraciones de energía ocasionadas por las excavaciones y otros fenómenos geológicos como fallas y características inconsistentes de la masa rocosa.

Sismicidad en Mina Yauliyacu

Antecedentes

Las noticias primeras sobre la ocurrencia de estallidos se recuerdan a la segunda mitad de la década del 70'.

Entre los años 1989 y 1991 la Mina Yauliyacu pasó por una época crítica a causa de la sismicidad ocasionada por el minado. Las áreas críticas fueron situadas entre los niveles 1200 y 1500 y entre los Niveles 2300 y 3000, principalmente en las excavaciones asociadas a las Vetas M, N, O, P y 256P, en las cuales se manejó mayormente el método de minado shrinkage. Causando varios accidentes fatales y daños a la infraestructura de la mina.

Las precauciones que se adoptaron, fue el cambio del método de minado de shrinkage a corte y relleno, contribuyó grandemente a una reducción drástica de la severidad y frecuencia de los eventos sísmicos.

En estos últimos años observamos que en Mina Yauliyacu está en aumento la actividad sísmica.

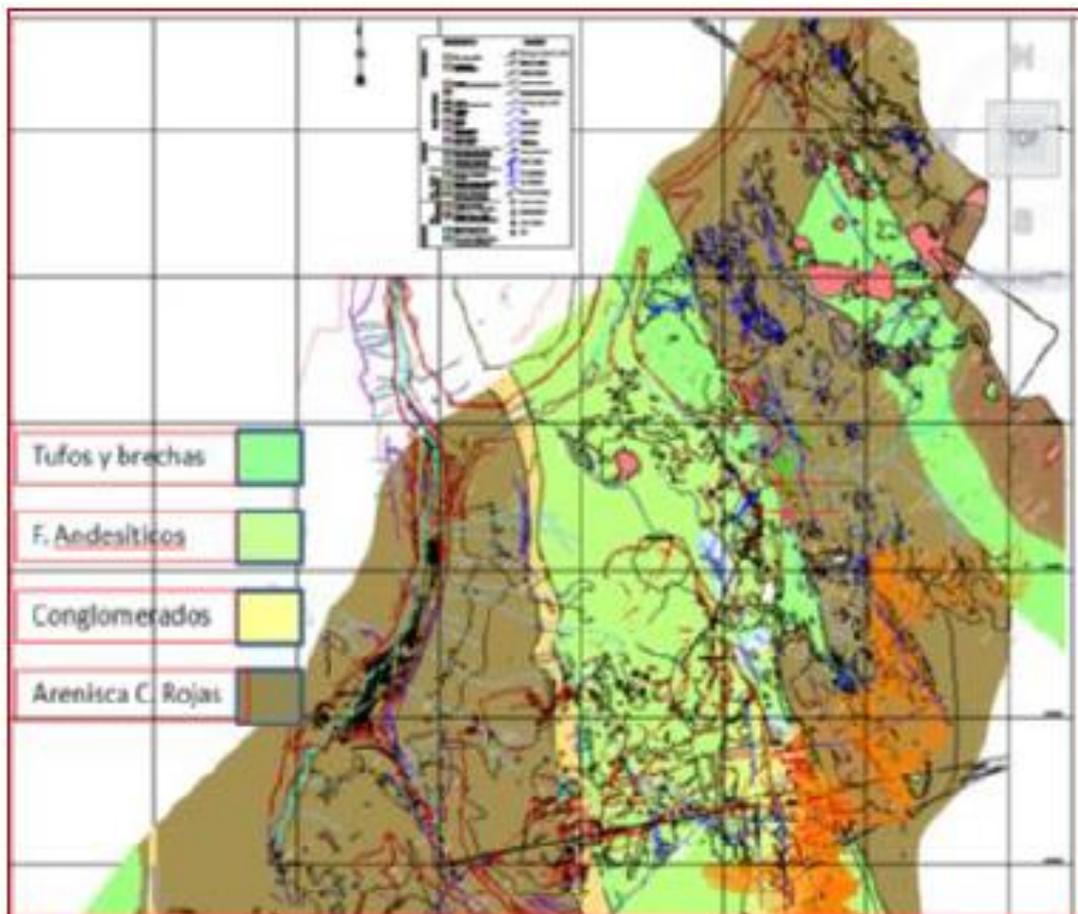
Condiciones para la ocurrencia de eventos sísmicos en Yauliyacu

En general, los hallazgos sugieren que cada mina tiene sus propias características y especificaciones, generando un tipo específico de vibraciones (movimientos del terreno), dependiendo del tipo de mineralización, la

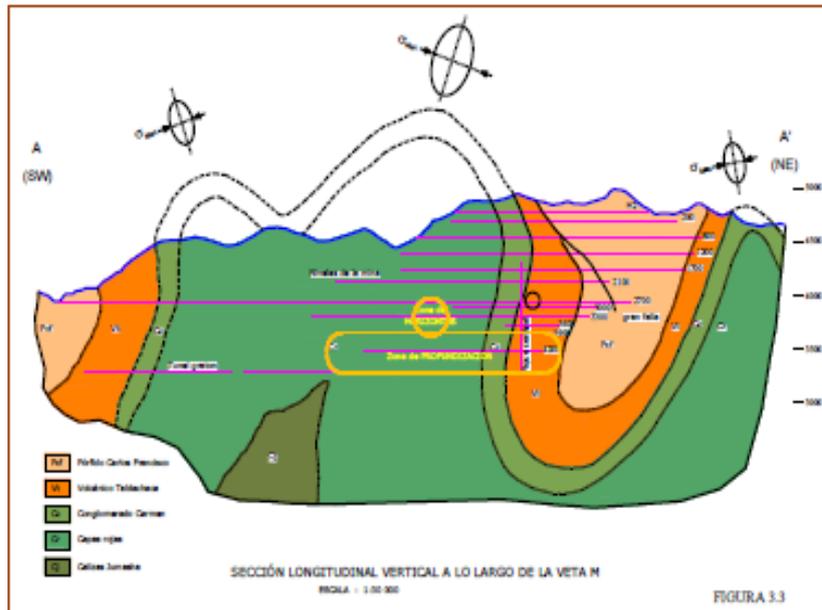
tecnología utilizada y la geología local. Comparados con la sismicidad regional causada por procesos tectónicos regionales, estas diferencias locales son generalmente mucho más marcadas.

- **Aspectos geológicos**

Yauliyacu se ubica en una zona de alto tectonismo, propio de los andes del Perú. Estratigráficamente se tiene 4 definidas formaciones.



La silificación de las areniscas se produjo en las capas rojas que son intercalaciones de lutitas y areniscas calcáreas debido a cambios relacionados con la mineralización.

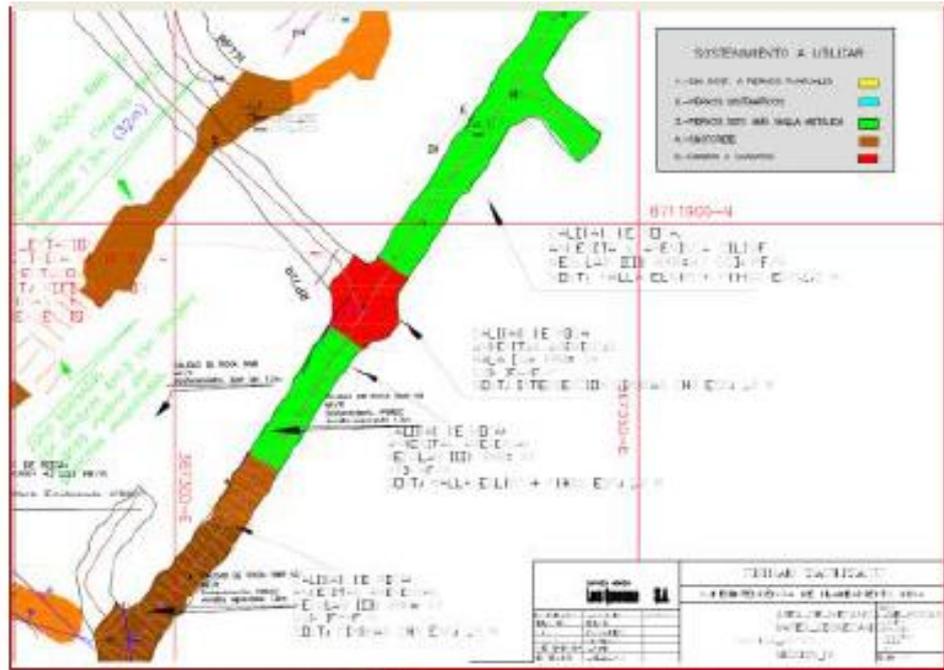


- **Aspecto geomecánico**

Se ha determinado que los estallidos suceden en rocas que tienen firmeza compresiva mayores a 100 Mpa, nuestras areniscas silisificadas superan esta resistencia.



De conformidad a la clasificación Geomecánica según el criterio de Bieniawski, el compósito en su mayoría presenta un RMR que varía de 40 a 70, presentando una roca regular a buena.



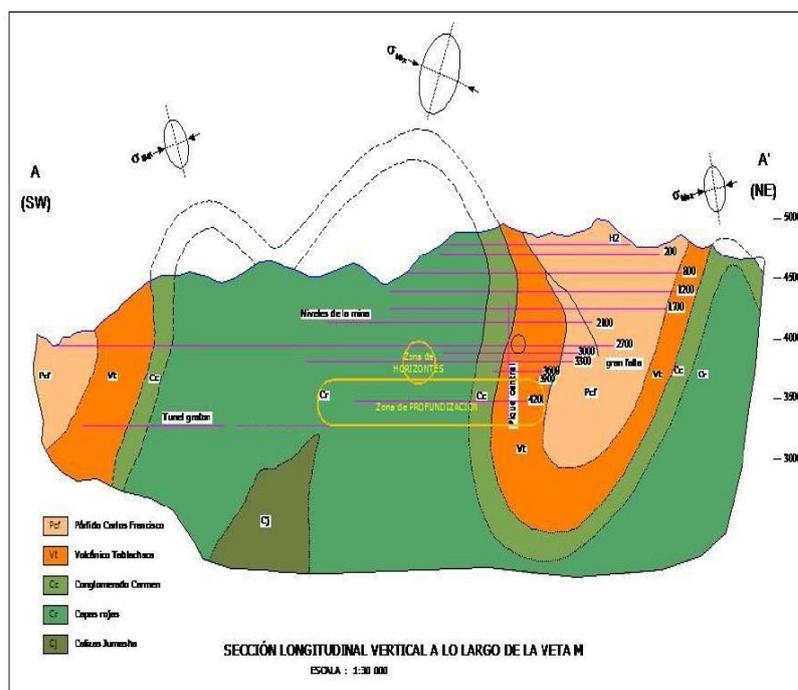
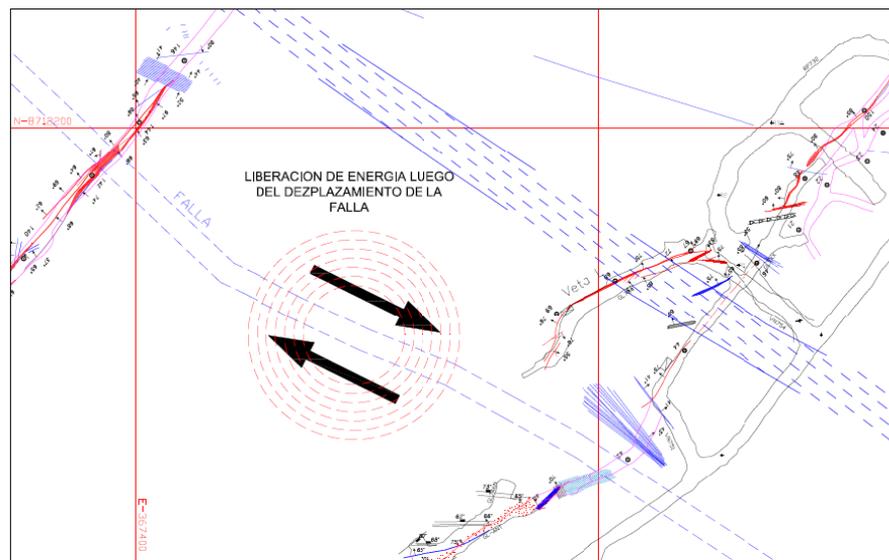
- **Aumento del nivel de esfuerzos**

Hay una mayor probabilidad de que se produzcan áreas de alta concentración de esfuerzo debido a la densidad de las excavaciones o su ubicación espacial en comparación con otras. El minado cerca de áreas de minado antiguas, en las que no ha habido un reajuste adecuado del equilibrio de la masa rocosa involucrada, causa más problemas.

Las secciones con mayor historial de eventos micro sísmicos en la Unidad Minera Yauliyacu son la IV y V, debido a que presentan mayor cantidad de espacios abiertos y tajos vacíos, además de presentar mayor encampane.

- **Excavaciones a gran profundidad**

Casi todas las minas subterráneas del mundo corren el riesgo de estallidos de roca. Aunque dichos fenómenos se consideran poco probables en minas de roca suave, cuando las actividades mineras avanzan en profundidad, los estallidos de roca pueden ser un peligro. Diversos estudios indican que los estallidos de rocas comienzan a suceder a profundidad de 700



Eventos sísmicos en la Mina Yauliyacu

(24 de agosto del 2009)

Nivel 1700



Nivel 1900



Nivel 2100



Nivel 3000



Daños ocasionados desde el nivel 1500 hasta el 3300

| NIVEL | LABOR | CRITICIDAD | CONSECUENCIA | ML | SECCION | REFORMAZAMIENTO | MATERIALES A USAR | PRIORIDAD | COSTO SOSTENIMIENTO (\$) | COSTO POR NIVELES (\$) | TOTAL ML POR SOSTENER |
|-------|-------------------------------|------------|-----------------|------------|-----------|-----------------|------------------------------------|-----------|--------------------------|------------------------|-----------------------|
| 15 | Cx 878 | 2 | Desprendimiento | 15 | 3.5 x 3.0 | PBH + M | 112 m ² malla + 71 PBH | 1 | 2302.72 | 3489.94 | 35 |
| | GI 242 S | 2 | Desprendimiento | 20 | 3.5 x 3.5 | PSSS | 94 PSS | 2 | 1187.22 | | |
| 17 | Cx 878 | 2 | Desprendimiento | 35 | 3.5 x 3.0 | PBH + M | 260 m ² malla + 160 PBH | 1 | 5345.60 | 59141.22 | 245 |
| | Cx 878 | 1 | Relajamiento | 60 | 3.5 x 3.0 | PSBH | 275 PBH | 2 | 4265.25 | | |
| | Cx 878 | 3 | Reventazon | 20 | 3.5 x 3.0 | SHOT + PBH | 190 m ² shot + 92 PBH | 3 | 6176.92 | | |
| | GI 878 N | 3 | Reventazon | 130 | 3.5 x 3.5 | SHOT + PBH | 1365 m ² shot + 565 PBH | 4 | 43363.45 | | |
| 19 | BP 881 | 2 | Desprendimiento | 40 | 3.5 x 3.0 | PBH + M | 300 m ² malla + 183 PBH | 1 | 6168.00 | 67429.00 | 280 |
| | BP 891 | 3 | Reventazon | 120 | 4.0 x 3.5 | SHOT + PBH | 1308 m ² shot + 550 PBH | 2 | 41230.50 | | |
| | GI 848 S | 3 | Reventazon | 120 | 3.5 x 3.5 | SHOT + PBH | 1260 m ² shot + 550 PBH | 3 | 40030.50 | | |
| 21 | Cx 863 | 4 | Estallido | 15 | 4.0 x 3.5 | SHOT + PBH | 164 m ² shot + 89 PBH | 4 | 5170.19 | 33824.82 | 165 |
| | GI 848 | 3 | Reventazon | 30 | 3.5 x 3.5 | SHOT + PBH | 315 m ² shot + 138 PBH | 3 | 10015.38 | | |
| | GI 848 N | 2 | Desprendimiento | 100 | 3.5 x 3.5 | PBH + M | 650 m ² malla + 458 PBH | 2 | 17476.00 | | |
| | Cx 841 | 1 | Relajamiento | 20 | 3.0 x 3.0 | PSBH | 75 PBH | 1 | 1163.25 | | |
| 25 | GI 860 | 2 | Desprendimiento | 55 | 3.5 x 3.5 | PBH + M | 486 m ² malla + 252 PBH | 1 | 9822.08 | 9822.08 | 55 |
| 27 | BP Principal | 2 | Desprendimiento | 15 | 3.5 x 3.0 | PBH + M | 113 m ² malla + 62 PBH | 1 | 2323.28 | 2323.28 | 15 |
| 30 | GI 872 c/vn 886 | 4 | Estallido | 60 | 4.0 x 3.5 | SHOT + PBH | 854 m ² shot + 275 PBH | 1 | 20615.25 | 21208.86 | 80 |
| | GI 871 | 2 | Desprendimiento | 20 | 2.5 x 3.0 | PSS | 47 PSS | 2 | 583.61 | | |
| 33 | GI antigua c/ recta principal | 2 | Desprendimiento | 20 | 3.5 x 3.0 | PBHS | 75 PBH | 1 | 1163.25 | 1163.25 | 20 |
| | | | | 895 | | | | | 218202.45 | | 895 |

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Aplicación del Monitoreo Microsismico en la Mina Yauliyacu

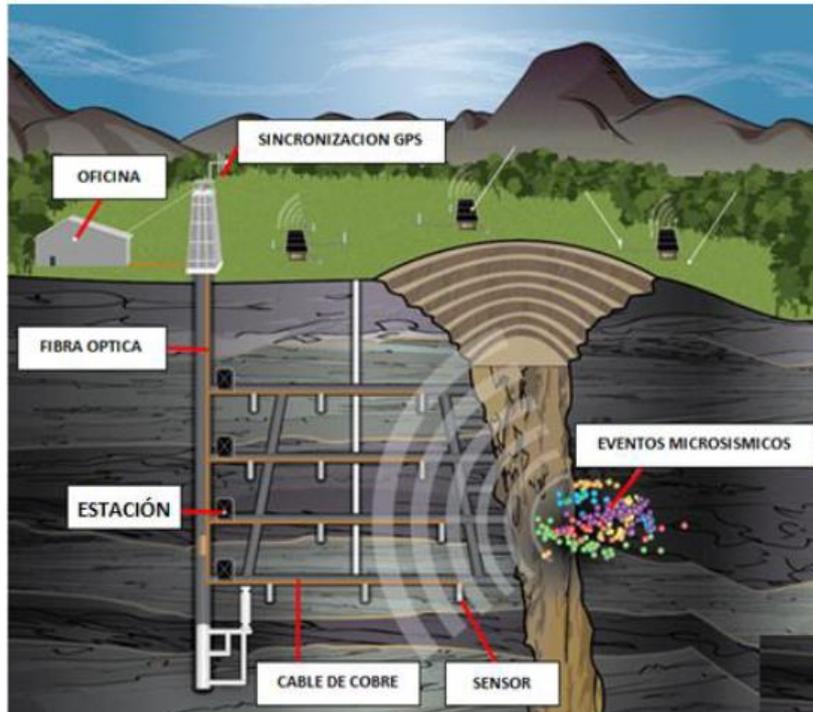
La implementación de un sistema de monitoreo microsismico te permite registrar la ocurrencia de eventos sísmicos en tiempo real, este sistema está conformado principalmente por una serie de sensores y estaciones, todos estos conectados por una red de cableado. Este registro te permite conocer las principales características de los eventos sísmicos tales como: Ubicación, Magnitud, Energía liberada, etc. En Yauliyacu la implementación de este sistema se realizó el año 2010, debido a la constante ocurrencia de eventos sísmicos en interior mina. El sistema fue evolucionando debido al carácter dinámico de las operaciones mineras, por este motivo el año 2012 se instaló una estación más en el nivel 1000 (Paladín 5) y el año 2014 se instalaron geófonos triaxiales.

Como funciona un sistema microsísmico

Los sensores sísmicos, como los geófonos y los acelerómetros, detectan la energía sísmica liberada por los eventos microsísmicos. Estas señales analógicas se transmiten en una grabadora sísmica digital dentro de una caja de conexiones a través de cables de cobre.

Cada grabadora digital sísmica habilitada para web tiene su propia dirección IP para que sea fácil de reconocer, monitorear y calibrar. Una vez que se ha registrado y digitalizado la señal, esta se transmite a través de una red Ethernet u otra red (como fibra o radio) a la computadora de adquisición. Las computadoras de adquisición suelen estar ubicadas en la superficie, dentro de un entorno de oficina, en el caso de minas subterráneas.

El equipo de adquisición está implementado con el software Hyperion Network Acquisition (HNAS), que permite la adquisición continua de datos en forma de onda completa y disparos en tiempo real. El sistema operativo completo de Hyperion Sísmica (HSS) se instala en un equipo de procesamiento independiente y ofrece una plataforma para el procesamiento de datos. El procesamiento puede contener la identificación de eventos, localización y evaluación de la magnitud y la visualización interactiva en 3D, para visualizar los parámetros de inicio dentro de la vista de la mina en 3D.



Representación de un sistema de monitoreo microsísmico

Equipos Principales

- **Estación (Paladín)**

Las estaciones los encontramos en interior mina y son los responsables de recibir la información de los geófonos y transmitirla al pc de adquisición, estas estaciones constan de un alimentador de energía y una grabadora sísmica digital



Vista de la estación Paladín en interior mina

- **Geófonos Uniaxiales y Triaxiales**

La mina Yauliyacu cuenta con 15 geófonos uniaxiales y 5 triaxiales, estos geófonos son usados para medir las vibraciones del macizo rocoso de frecuencia alta. Estos sensores robustos están recubiertos por una carcasa de acero inoxidable a prueba de agua para soportar las condiciones ambientales más severas.

Los geófonos uniaxiales (G1-1.1-1.0) son de 100mm (4") de largo y 25.4mm (1") de ancho, estos fueron instalados dentro de taladros de 40mm (1.6") de ancho y 3m de profundidad, los taladros se perforaron en forma vertical (90°)

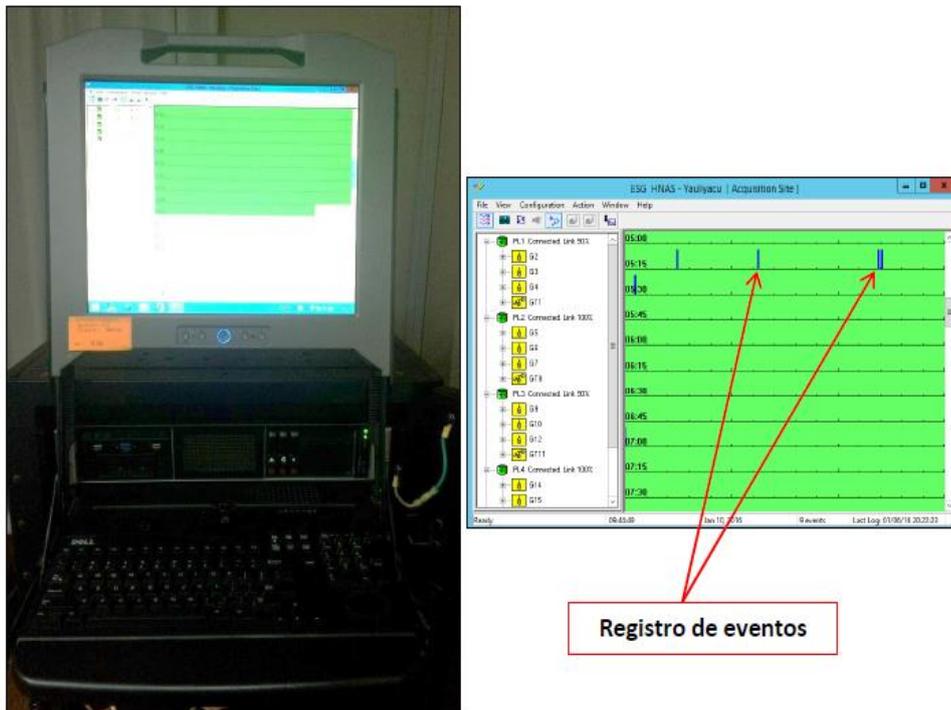
Los geófonos triaxiales (G3-1.1-2.0) son de 150mm (5") de largo y 50mm (2") de ancho, estos sensores poseen 3 pares de cables que serán los encargados de transmitir la señal de cada componente, estos fueron instalados dentro de taladros de 75mm (3") de ancho y 5m de profundidad, la pendiente recomendable del taladro es de 0-70° vertical.



Geófonos

- **Computadora de Adquisición**

Ubicada en superficie (Oficina de Geomecánica) es la que recibe la información de los paladines, esta información es reenviada a la PC de procesamiento. Esta computadora muestra en tiempo real la ocurrencia de eventos microsísmicos por medio de barras azules tal como se muestra en el grafico siguiente, cada intervalo de tiempo consta de 15 minutos. En la parte izquierda de la pantalla se muestra los cinco paladines (estaciones) y los geófonos que están conectados a estos, el color verde de estos nos indica que se encuentran operativos.



- **Computadora de Procesamiento**

Ubicada también en superficie, en esta PC se muestra la ubicación del evento registrado en el plano general de la mina (por niveles), también en este pc se realiza el filtrado y el análisis de la data para la realización de los informes diarios, semanales y mensuales de monitoreo, que luego son

enviados a las áreas involucradas (principalmente mina) para la toma de decisiones.



- **Software extras**

- A) Software - Geometry Plus:**

- Permite sobreponer diferentes archivos CAD al mismo tiempo y los presenta en una sola vista, esto es muy útil cuando se quiere visualizar algunos niveles de la mina en donde se concentra la mayor cantidad de eventos.
 - Permite sobreponer planos extras para determinadas zona o área que requieras mayor análisis, como por ejemplo un plano geológico.

- B) Software - Seis Alert:**

- Notifica, alerta cuando un evento se ha suscitado vía e-mail.
 - El usuario puede establecer los parámetros mínimos para que el software envíe la alerta, tales como: momento magnitud, error de localización, cantidad de geófonos que captaron la señal, etc.
 - El usuario puede establecer los parámetros relacionados al evento que desee recibir en la alerta u notificación.

C) Software - Seis VisLite:

- Permite visualizar el evento en 3D y brinda información de localización y magnitud.
- La ventaja de este software es que se puede visualizar el evento, ingresando desde cualquier computador que tiene instalado esta aplicación y que cuente con acceso a la red donde se comparte esta aplicación.

Distribución de Geófonos y Estaciones (Paladines) en interior mina

Actualmente el sistema microsísmico consta de 15 geófonos uniaxiales y 5 triaxiales que están conectados a 5 estaciones (paladines) ubicados en interior mina, cada estación tiene anexo 4 geófonos uniaxiales y un triaxial, estos geófonos se instalaron en lugares estratégicos de tal manera que puedan registrar los eventos microsísmicos en todas nuestras operaciones, concentrándose en los tramos de arenisca silicificada y tajos futuros de explotación propensos a estallidos de roca.

Tabla 4.1 Ubicación de los geófonos en interior mina

| PALADIN | NIVEL | GEÓFONO | Norte | Este | Cota |
|---------|----------|---------|---------|----------|---------|
| 1 | Nv. 1700 | G2 | 8711472 | 366600.2 | 4216.6 |
| | | G3 | 8711176 | 366692.1 | 4214.7 |
| | | G4 | 8711244 | 366415.9 | 4207.7 |
| | | T1 | 8711599 | 366942.5 | 4227.2 |
| 2 | Nv. 2500 | G5 | 8711448 | 366829.4 | 3985.6 |
| | | G6 | 8711455 | 366595 | 3986.7 |
| | | G7 | 8711237 | 366529.8 | 3985.2 |
| | | T8 | 8711137 | 366231.1 | 4008.3 |
| 3 | Nv. 3300 | 9 | 8711544 | 366813.5 | 3778.2 |
| | | 10 | 8711578 | 366580.3 | 3777.76 |
| | | 12 | 8711416 | 366395.8 | 3777.5 |
| | | T11 | 8711817 | 366986.8 | 3777.2 |
| 4 | Nv. 3600 | 14 | 8711609 | 366711.1 | 3646.7 |
| | | 15 | 8711146 | 366235.4 | 3643.8 |
| | | 16 | 8711397 | 366334.9 | 3644.9 |
| | | T13 | 8711419 | 366833.4 | 3681.4 |
| 5 | Nv. 1000 | 17 | 8711503 | 366752.1 | 4423.1 |
| | | 19 | 8711365 | 366833.9 | 4384.6 |
| | | 20 | 8711419 | 367057.7 | 4421.4 |
| | | T18 | 8711722 | 367261.6 | 4424.3 |

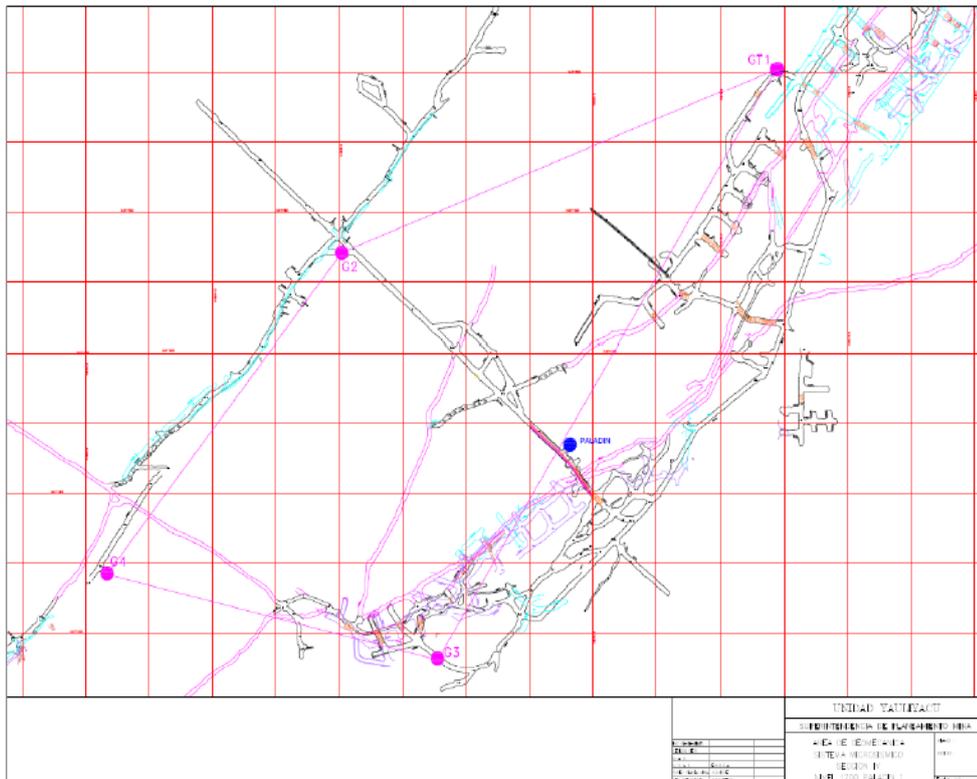
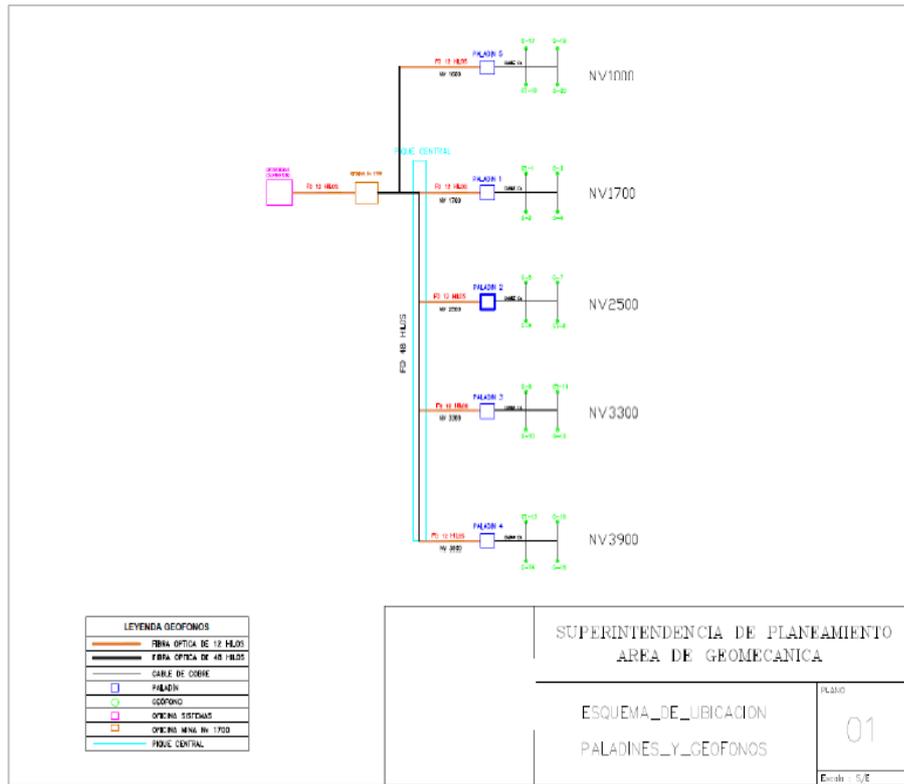


Figura 4.8 Ubicación de Geófonos Nivel 1700.

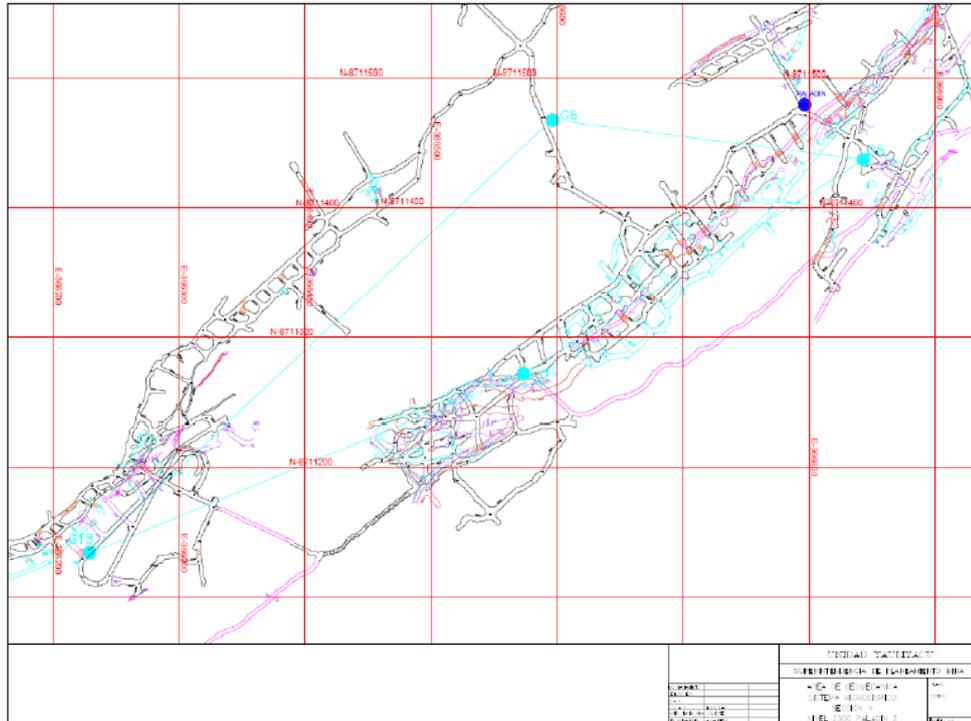


Figura 4.8 Ubicación de Geófonos Nivel 2500.

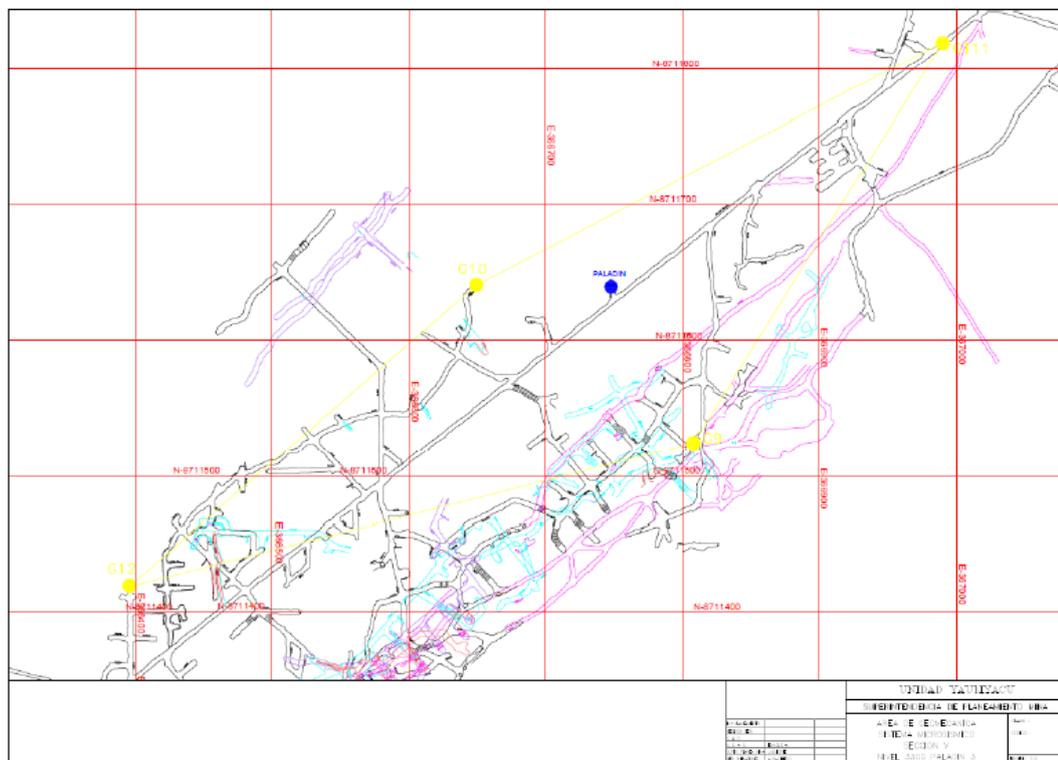


Figura 4.8 Ubicación de Geófonos Nivel 3300.

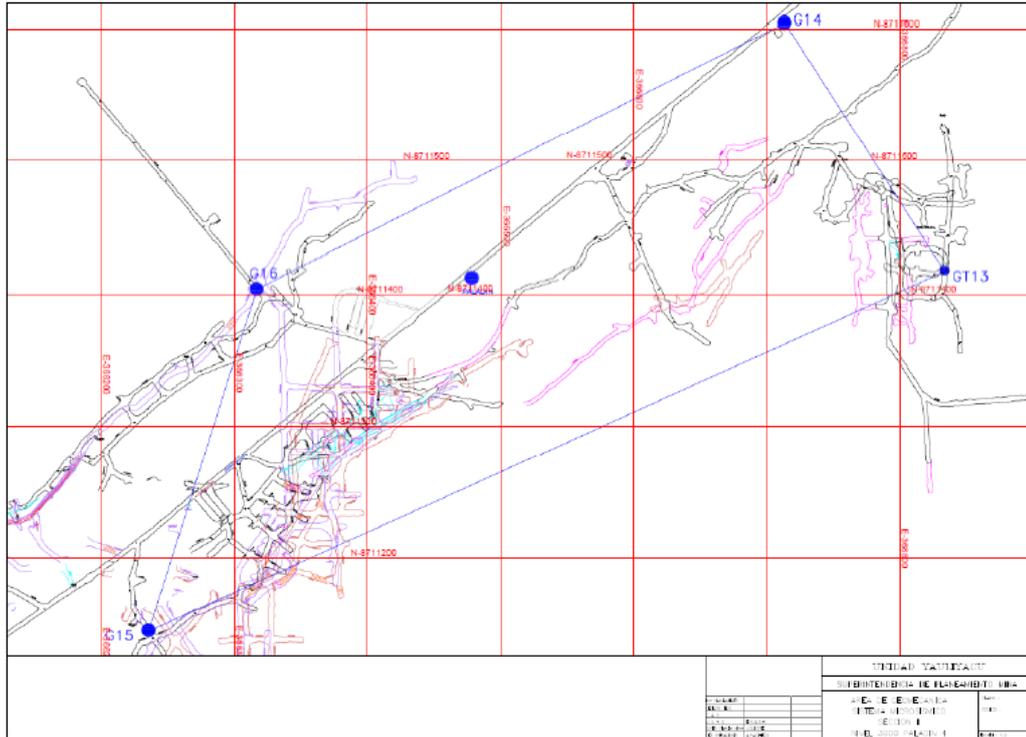


Figura 4.8 Ubicación de Geófonos Nivel 3500.

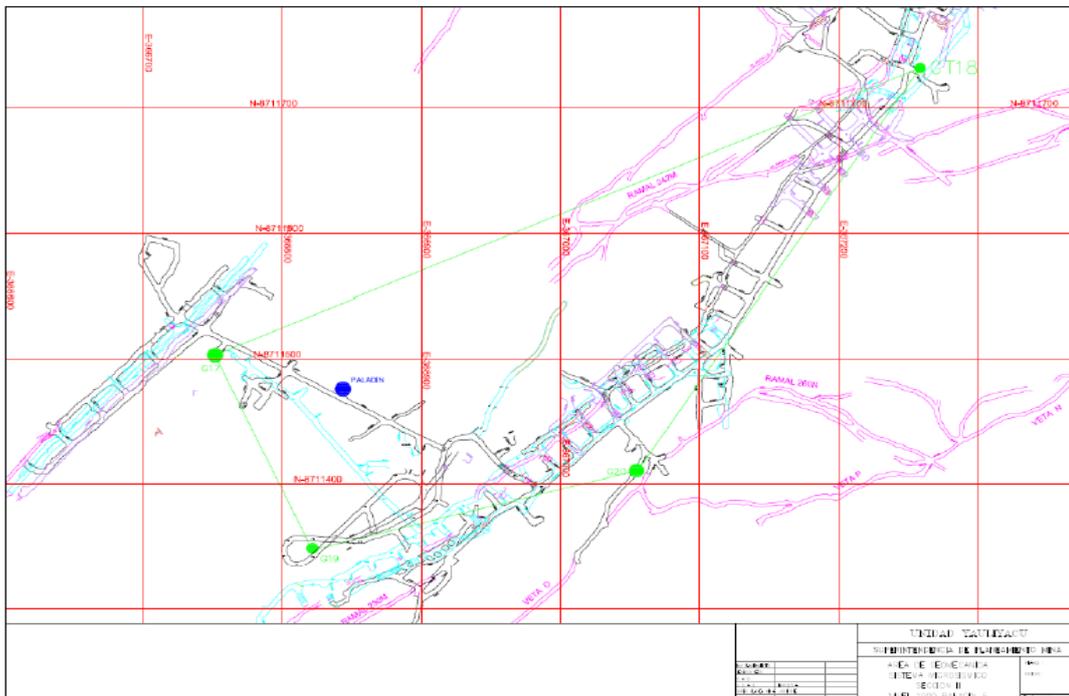


Figura 4.8 Ubicación de Geófonos Nivel 1000.

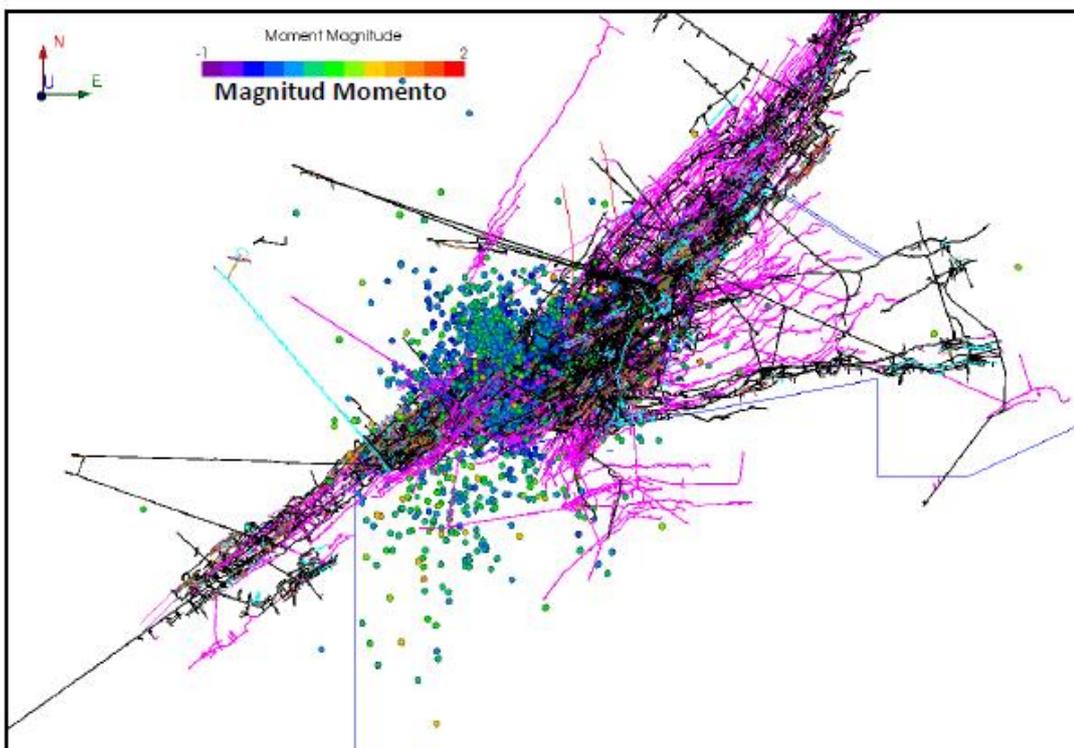
4.3. Prueba de Hipótesis

4.3.1. Hipótesis General

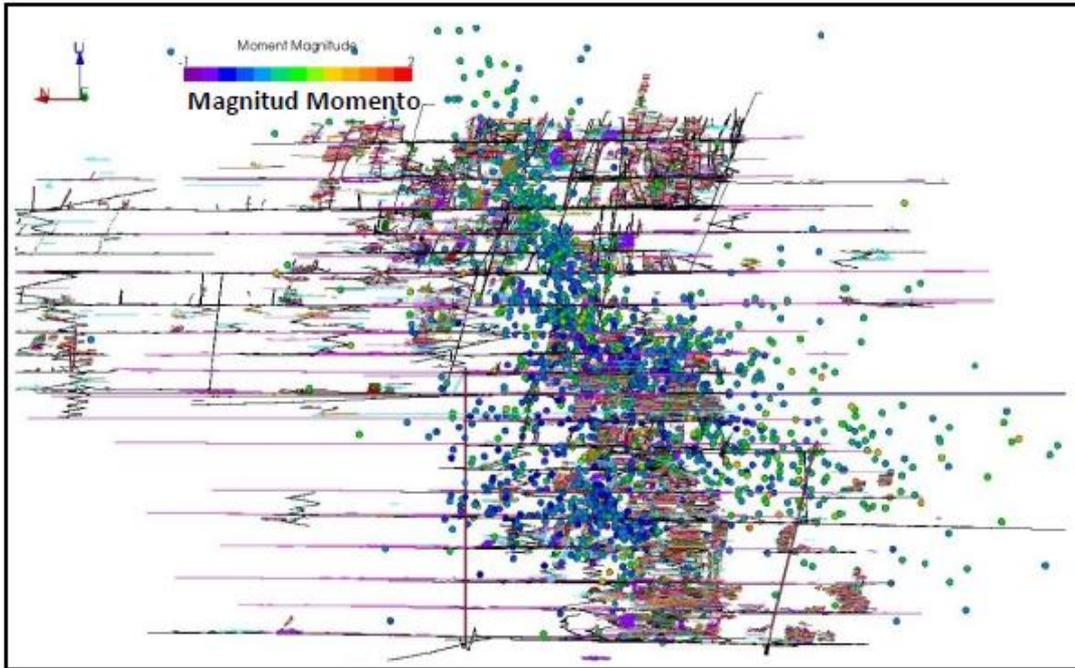
Representación de los Eventos en Planos (Planta y Sección)

La representación de los eventos microsísmicos en los planos CAD de la mina se muestran en forma de esferas de colores, los colores de estas dependen de la magnitud del evento, en la parte superior izquierda de las figuras se muestra la escala de colores utilizada (de -1 a 2) y la escala utilizada para el análisis es la magnitud momento

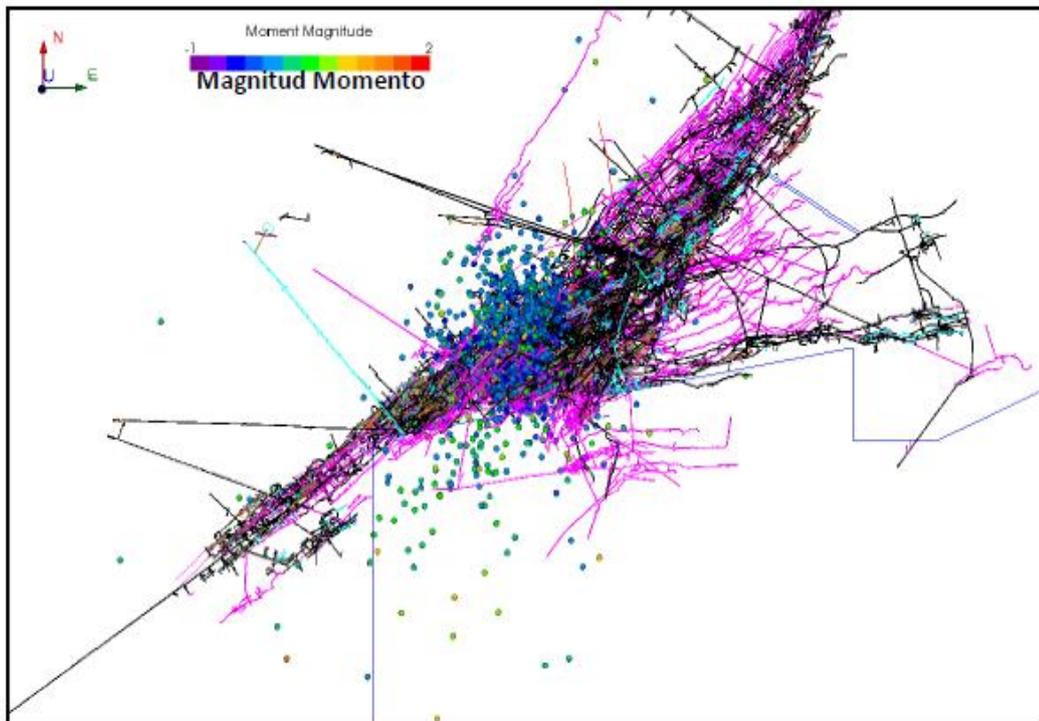
Una consideración importante es la influencia de la unidad minera vecina, Casapalca, el sistema de monitoreo microsísmico registra eventos en esta zona también en los diferentes niveles tomando como referencia el límite de la concesión, para esto se analizaron estas dos zonas (Yauliyacu y Casapalca) por separado



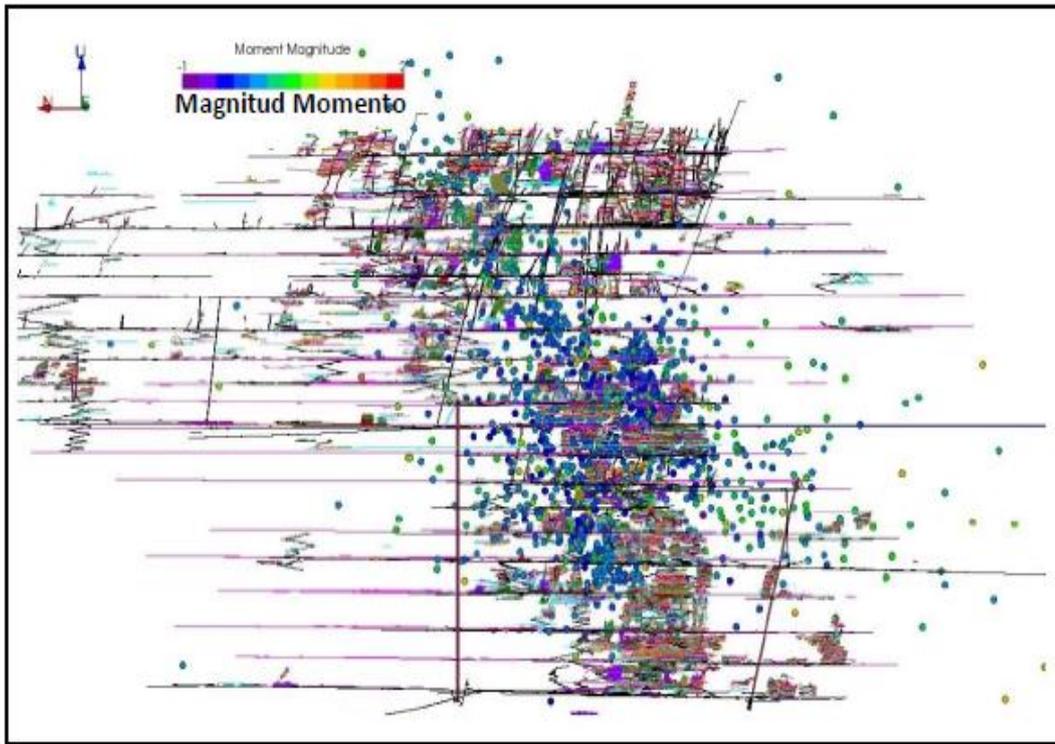
Vista en planta de los eventos registrados en el mes de Julio



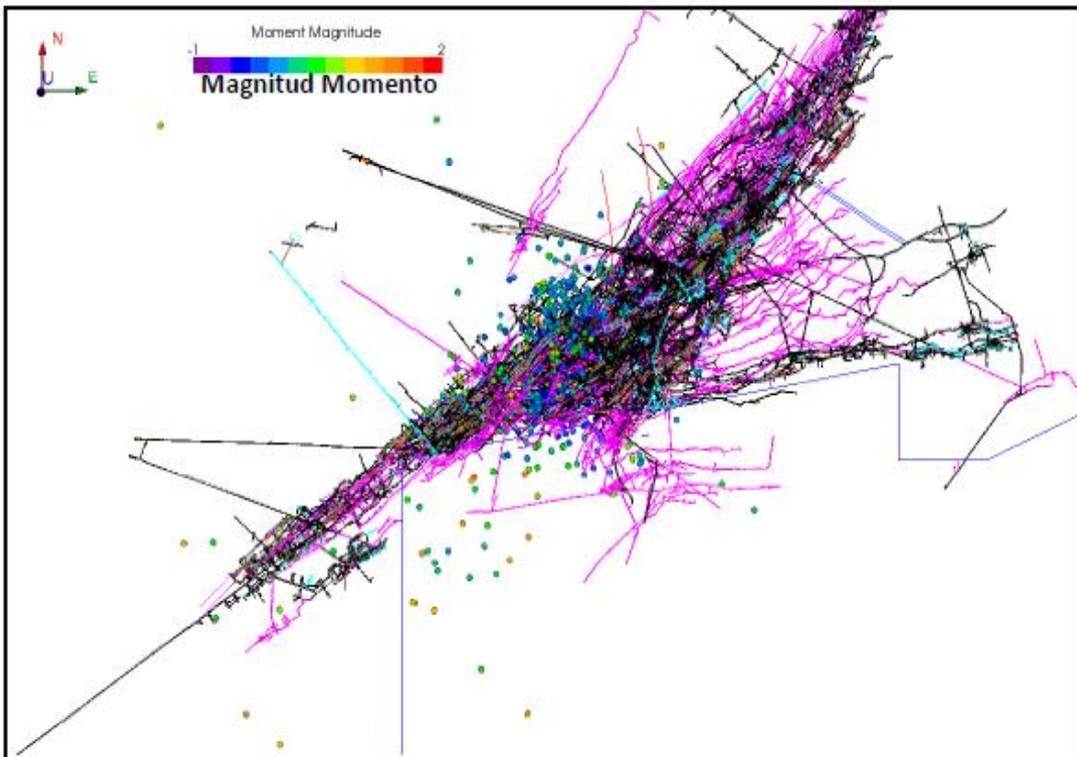
Vista en sección de los eventos registrados en el mes de Julio



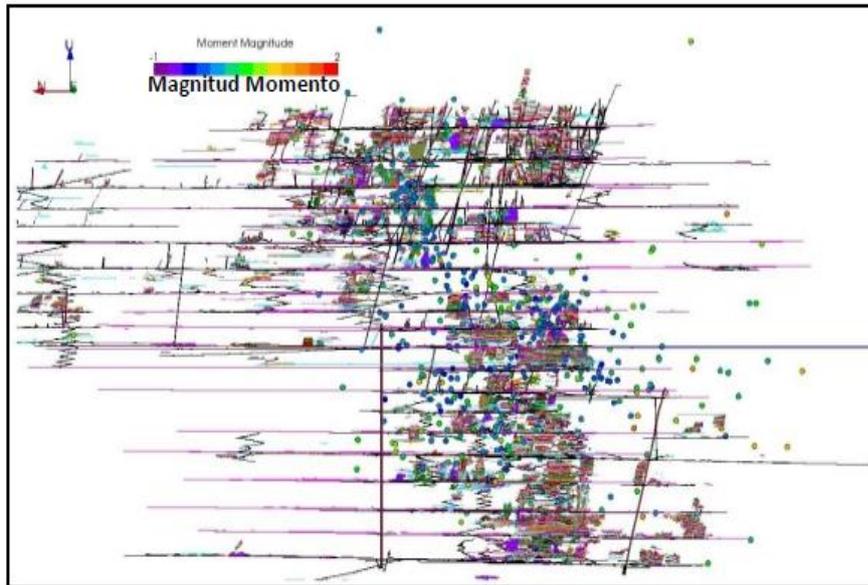
Vista en planta de los eventos registrados en el mes de agosto



Vista en sección de los eventos registrados en el mes de agosto



Vista en planta de los eventos registrados en el mes de setiembre



Vista en sección de los eventos registrados en el mes de setiembre

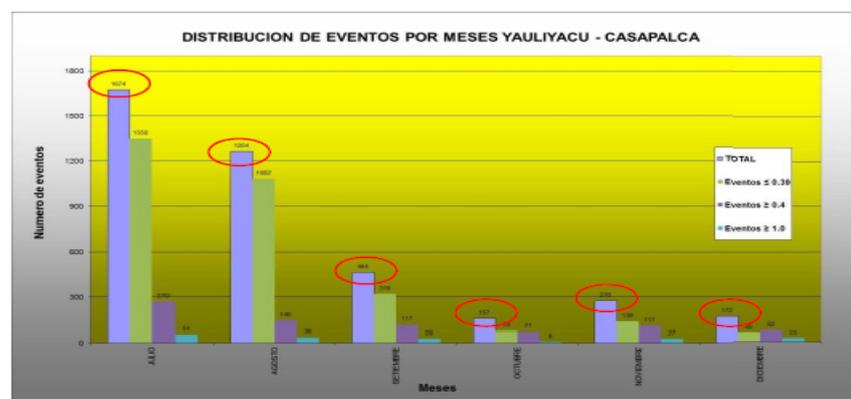
4.3.2. Hipótesis Específicas

Registro total de eventos filtrados por magnitud

En el siguiente gráfico se muestra la cantidad de eventos registrados por meses considerando las dos zonas Yauliyacu y Casapalca, del cual se puede observar que en el mes de julio se tiene la mayor cantidad de eventos registrados

Tabla 5.1 Registro de eventos microsísmicos por meses y magnitud

| 2015 | TOTAL | DIAS | Eventos ≤ 0.39 | Eventos ≥ 0.4 | Eventos ≥ 1.0 |
|-----------|-------|------|---------------------|--------------------|--------------------|
| JULIO | 1674 | 31 | 1350 | 270 | 54 |
| AGOSTO | 1264 | 31 | 1082 | 146 | 36 |
| SETIEMBRE | 464 | 30 | 319 | 117 | 28 |
| OCTUBRE | 157 | 31 | 78 | 71 | 8 |
| NOVIEMBRE | 276 | 30 | 138 | 111 | 27 |
| DICIEMBRE | 172 | 31 | 65 | 82 | 25 |



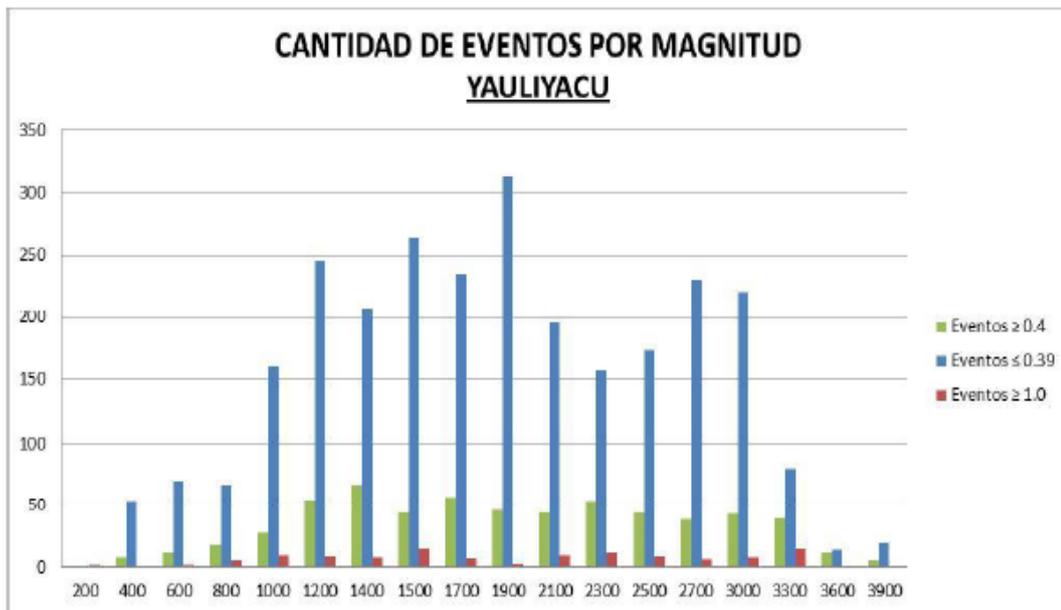
Registro de eventos por niveles y zonas

- **Zona de Yauliyacu**

Los siguientes gráficos muestran la cantidad de eventos registrado por niveles y también clasificados por la magnitud, en el primer grafico solo se considera la zona de Yauliyacu y se puede observar que la mayor cantidad de eventos registrados fueron en el nivel 1900 y que el promedio de eventos registrados de magnitud media ($M_w \geq 0.4$) fue de 50.

Tabla 5.2 Registro de eventos microsísmicos por niveles y magnitud en Yauliyacu

| Nivel | YAULIYACU | | |
|--------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | Eventos ≥ 0.4 | Eventos ≤ 0.39 | Eventos ≥ 1.0 |
| 200 | 1 | 0 | 2 |
| 400 | 8 | 54 | 1 |
| 600 | 12 | 70 | 2 |
| 800 | 18 | 67 | 5 |
| 1000 | 28 | 160 | 10 |
| 1200 | 55 | 246 | 9 |
| 1400 | 67 | 207 | 8 |
| 1500 | 44 | 264 | 15 |
| 1700 | 57 | 235 | 7 |
| 1900 | 46 | 313 | 3 |
| 2100 | 44 | 196 | 10 |
| 2300 | 54 | 158 | 12 |
| 2500 | 44 | 173 | 9 |
| 2700 | 39 | 231 | 6 |
| 3000 | 43 | 221 | 8 |
| 3300 | 40 | 80 | 15 |
| 3600 | 12 | 14 | 1 |
| 3900 | 5 | 20 | 1 |
| TOTAL | 617 | 2709 | 124 |



Registro de eventos microsísmicos por niveles y magnitud en Yauliyacu

- **Zona de Casapalca**

En el segundo grafico solo se considera la zona de Casapalca y se puede observar que la mayor cantidad de eventos registrados fueron en el nivel 2300, también se puede observar que la mayor cantidad de eventos microsísmicos registrados en mina Casapalca viene ocurriendo entre los niveles equivalentes, Nv. 1900 y Nv. 2700 de Yauliyacu, lo cual significa profundidades de minado de Mina Casapalca entre 6-A y 10-A. En estas profundidades, es posible la ocurrencia de sismicidad inducida por el minado, desde que las características geológicas y geomecánicas son similares a Yauliyacu

Tabla 5.3 Registro de eventos microsísmicos por niveles y magnitud en Casapalca

| Nivel | CASAPALCA | | |
|--------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | Eventos ≥ 0.4 | Eventos ≤ 0.39 | Eventos ≥ 1.0 |
| 200 | 0 | 0 | 0 |
| 400 | 1 | 2 | 0 |
| 600 | 0 | 2 | 2 |
| 800 | 1 | 1 | 1 |
| 1000 | 5 | 7 | 1 |
| 1200 | 2 | 6 | 0 |
| 1400 | 12 | 7 | 1 |
| 1500 | 9 | 14 | 2 |
| 1700 | 4 | 17 | 2 |
| 1900 | 22 | 36 | 4 |
| 2100 | 20 | 38 | 3 |
| 2300 | 26 | 49 | 6 |
| 2500 | 29 | 38 | 13 |
| 2700 | 20 | 40 | 8 |
| 3000 | 15 | 28 | 3 |
| 3300 | 5 | 21 | 5 |
| 3600 | 4 | 7 | 1 |
| 3900 | 5 | 10 | 2 |
| TOTAL | 180 | 323 | 54 |

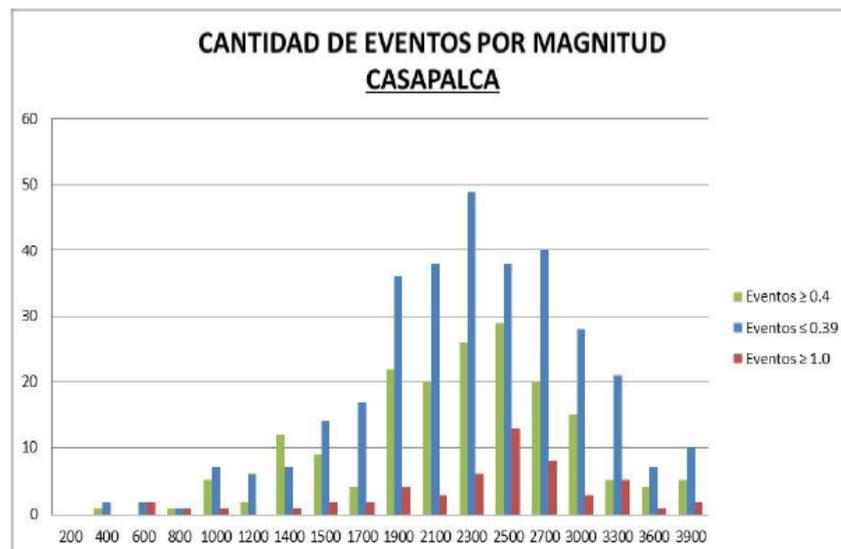


Figura 5.15 Registro de eventos microsísmicos por niveles y magnitud en Casapalca

Durante el mes de mayo se registraron aproximadamente 1621 eventos en UM Yauliyacu y Casapalca. Las Magnitudes (M_w) varían entre -1 a +1.9. La clasificación de la Magnitud es como se indica en la siguiente Tabla.

| Magnitud Momento | Intensidad del Evento | Código de Colores |
|------------------|-----------------------|-------------------|
| $[-1.0 - 0.0 >$ | Suave | |
| $[0.0 - 0.4 >$ | Baja | |
| $[0.4 - 1.0 >$ | Media | |
| $[1.0 - 2.0]$ | Alta | |

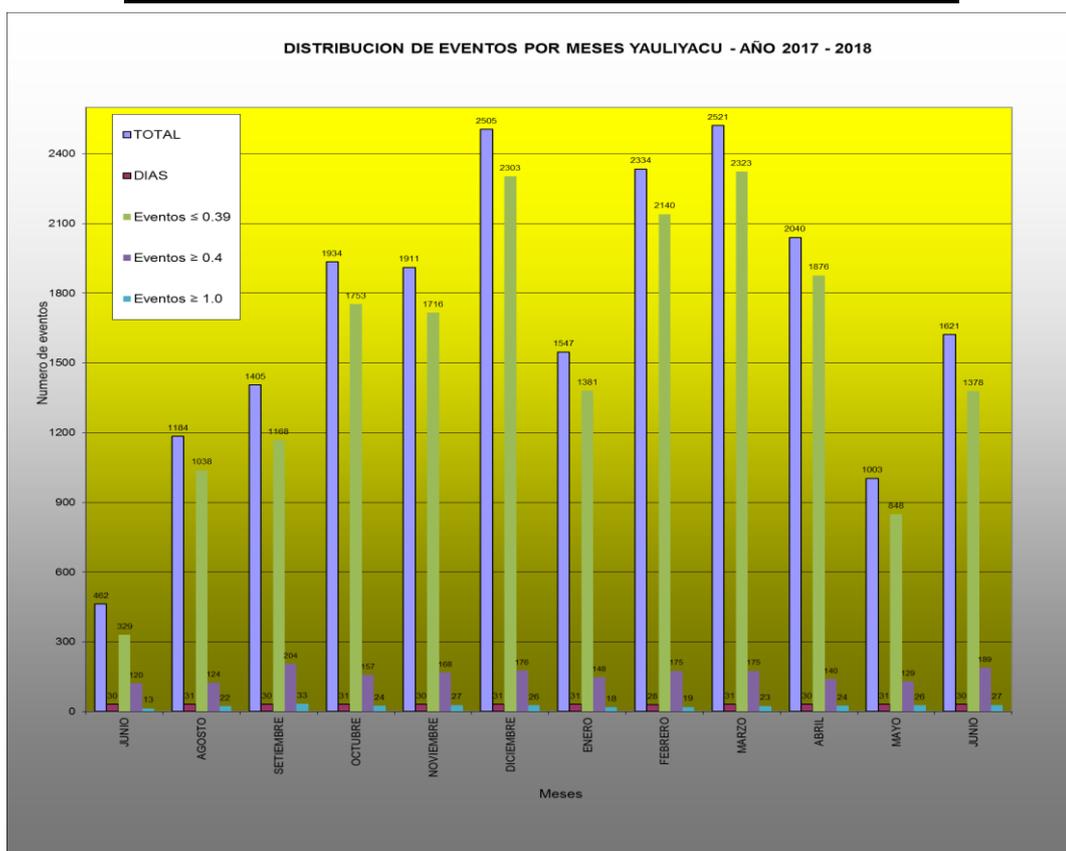


Gráfico N°01

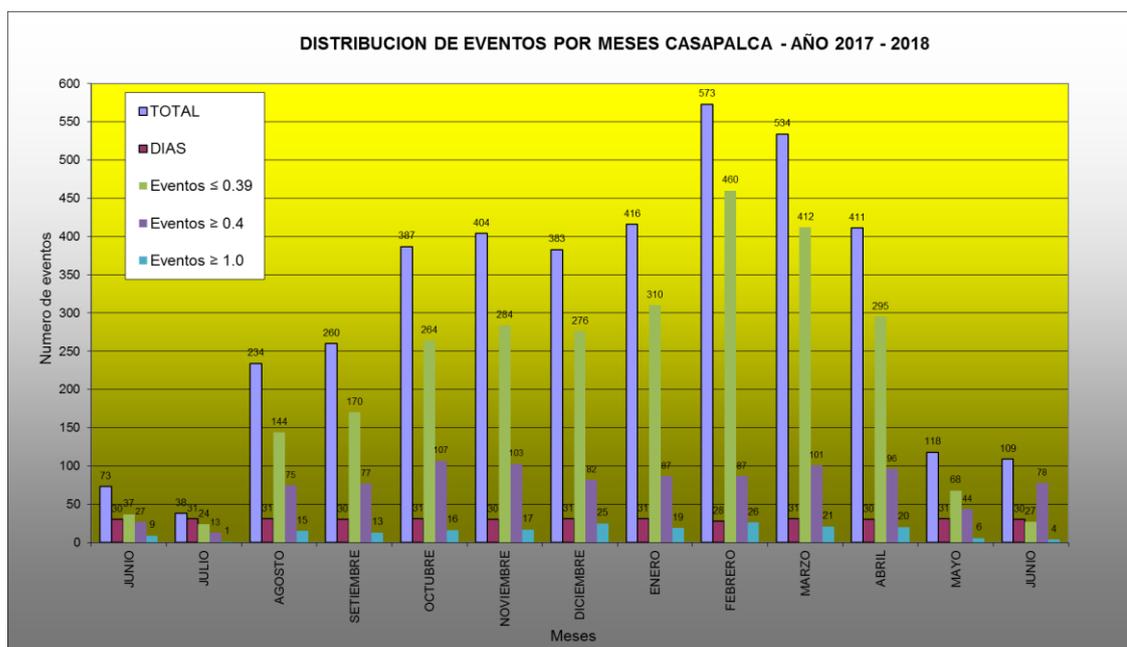


Gráfico N°02

| MES JUNIO_2018 | | | |
|----------------|-----------|----------|----------|
| CASAPALCA | Mw ≤ 0.39 | Mw ≥ 0.4 | Mw ≥ 1.0 |
| TOTAL | 1405 | 267 | 31 |
| YAULIYACU | 1378 | 189 | 27 |
| CASAPALCA | 27 | 78 | 4 |

A comparación de la cantidad de registro de eventos MS; en junio se ha mantenido similar al mes de mayo.

4.4. Discusión de Resultados

Registro de Eventos en Mina Yauliyacu

A continuación, se presentan algunas Gráficas que muestran la tendencia y concentración de los eventos micro sísmicos en UM Yauliyacu registrados durante Mayo 2018.

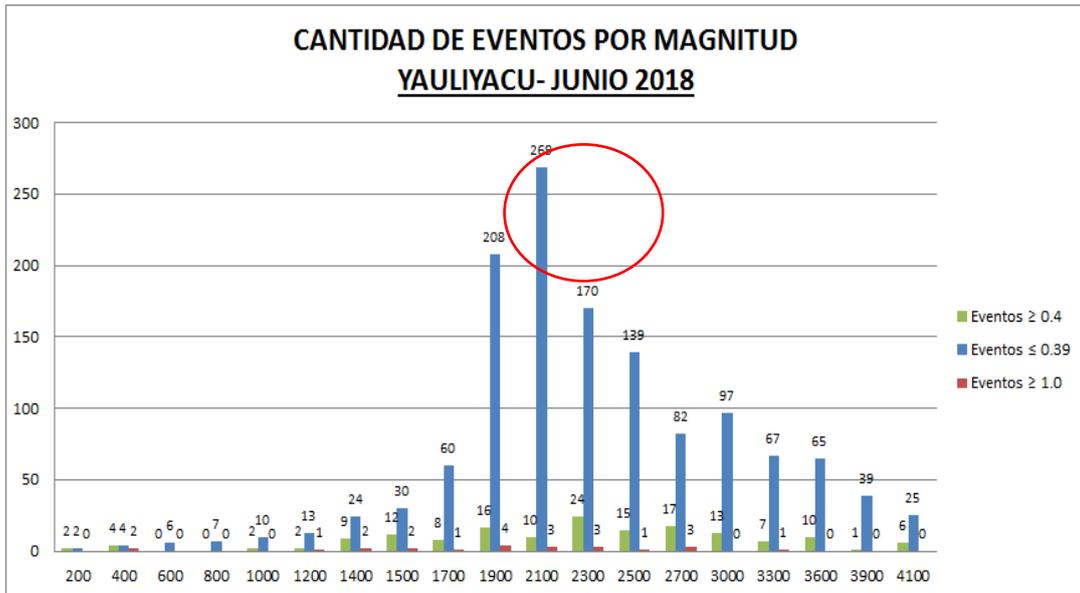
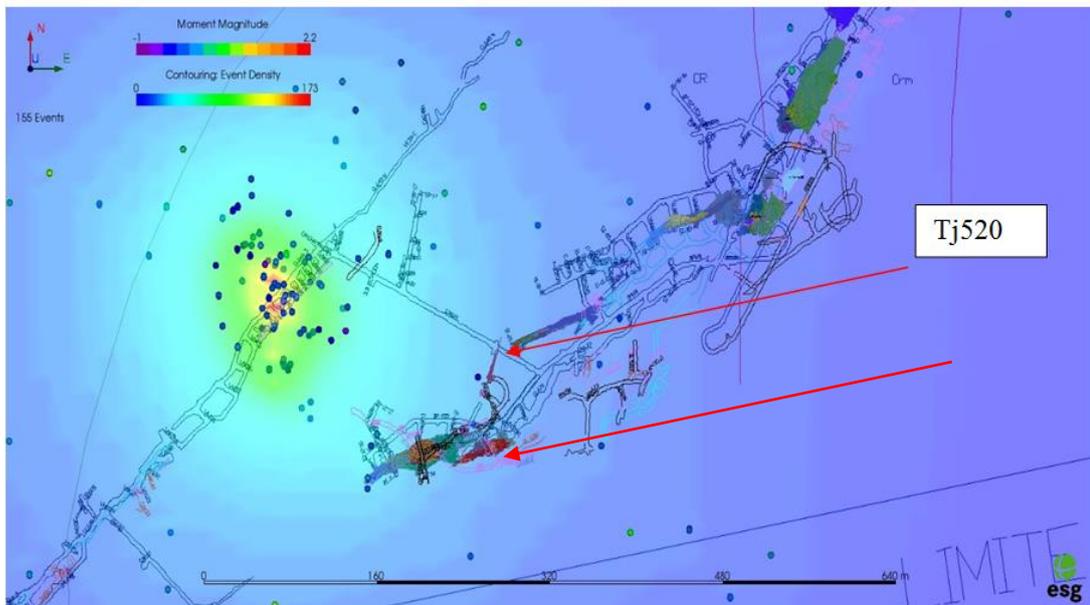


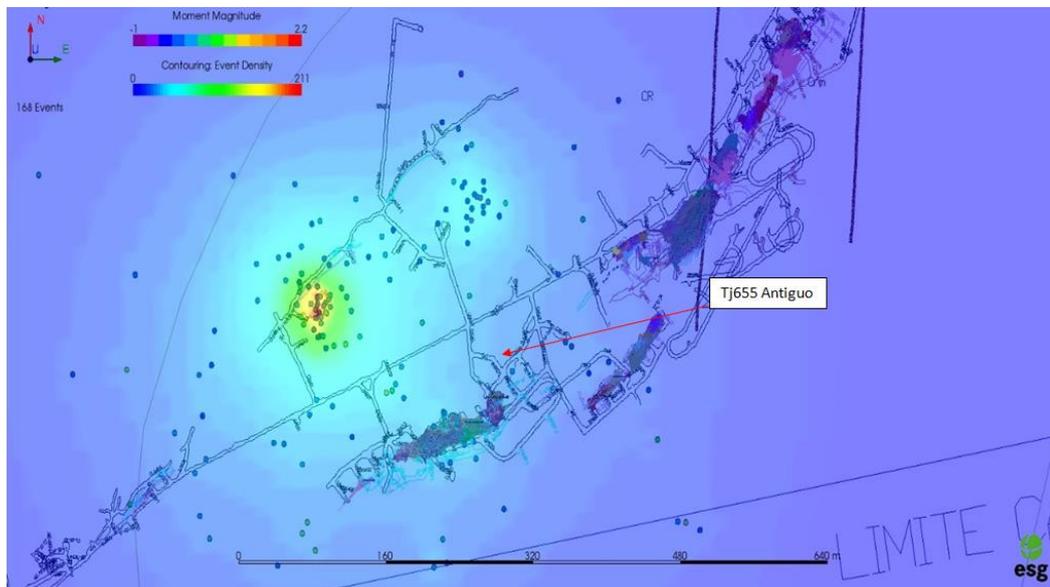
Gráfico N° 03

La mayor cantidad de registro de eventos se ubican en el Nv2100 y Nv1900, como veremos en los planos siguientes, se ubican en cercanía a la Veta C. Sin embargo, en el Nv1900 se viene realizando preparación y explotación del Block 520.



Plano N° 01: Nv_1900, la concentración se ubica en el BP648S adyacente a la Veta C, esta zona es de tránsito principal de vehículos y equipos (está pendiente

trabajos de reforzamiento del sostenimiento producto de trabajos de desquinche meses atrás). Esta concentración está a 120 m de las labores del Block520.



Plano N° 02: Nv_2100, la concentración se ubica en la Gal646N adyacente a la Veta C, esta zona es intransitable. Esta concentración está a 65 m de la Recta Principal del mismo Nivel.

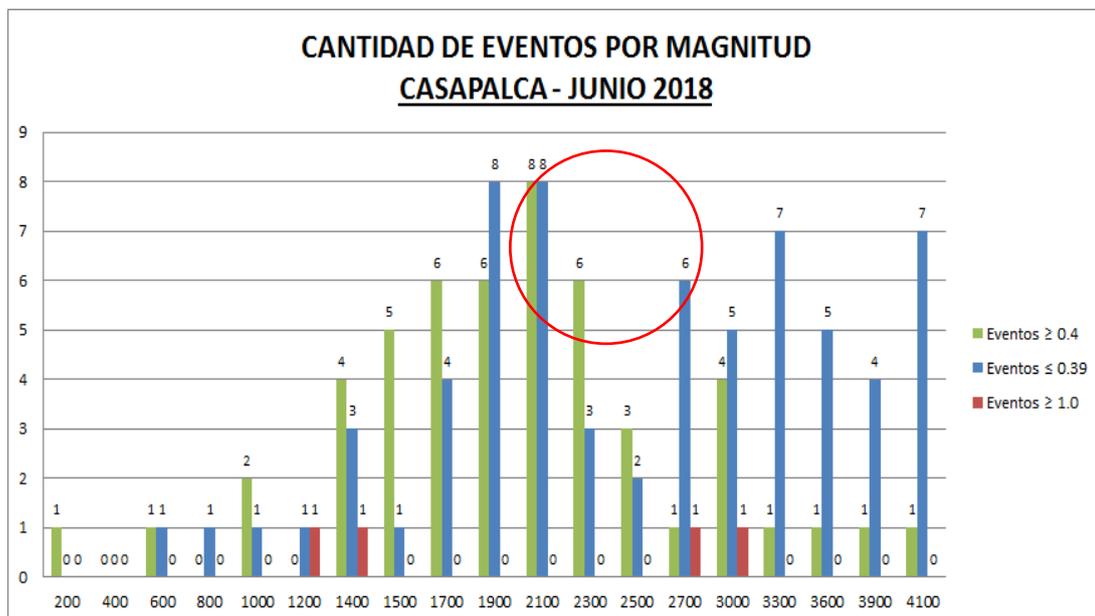


Gráfico N° 04: La mayor concentración de eventos se ubican entre los Niveles 2100 y 1900; en Minera Casapalca. Se supone que existen labores de preparación y explotación en dichos Niveles.

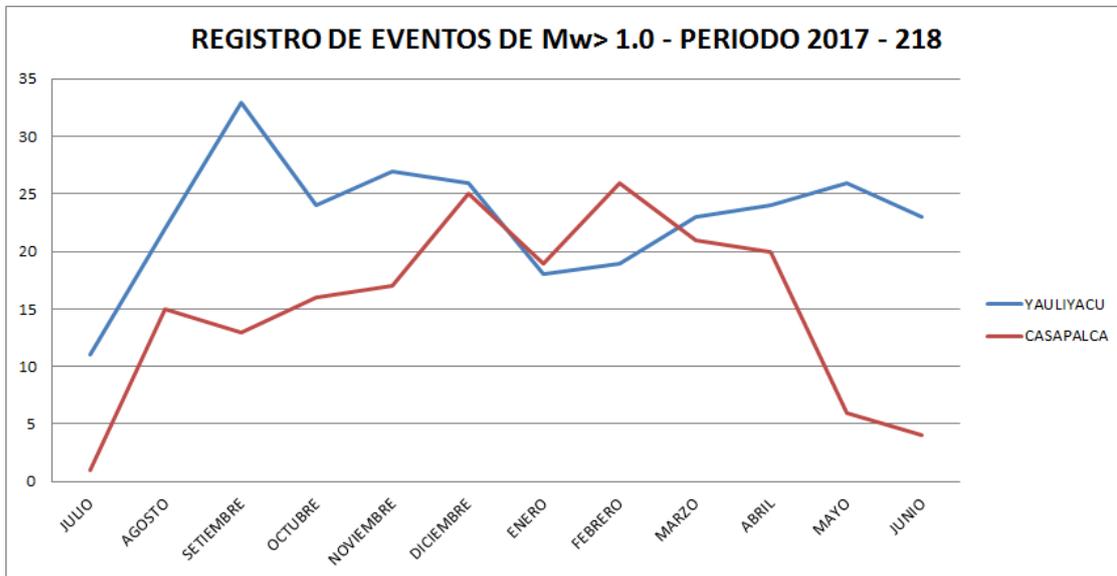


Gráfico N° 05: El registro de eventos de Alta Mw > 1.0 ha aumentado principalmente en Minera Yauliyacu. En los Niveles 2100, 2300 y 2500 en zonas alejadas de Operación.

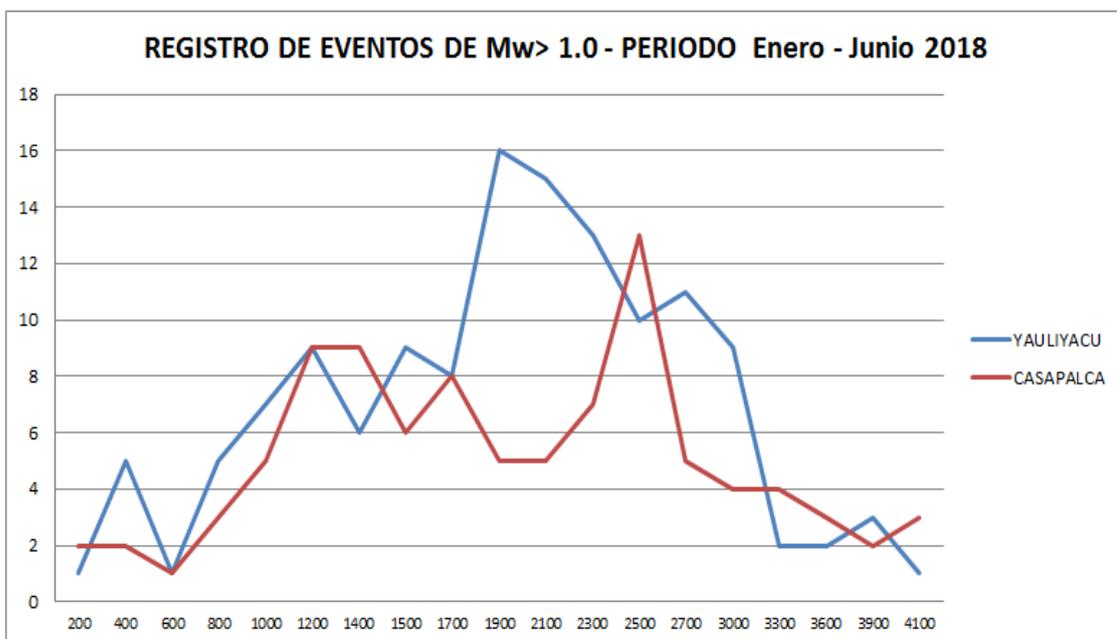


Gráfico N° 06: El registro de eventos de Alta $M_w > 1.0$ se concentra en el Nv_1900 y 2100 en UM Yauliyacu. Mientras que en UM Casapalca se concentra en el Nivel 2300_2500.

Zonificación de Eventos Junio 2018

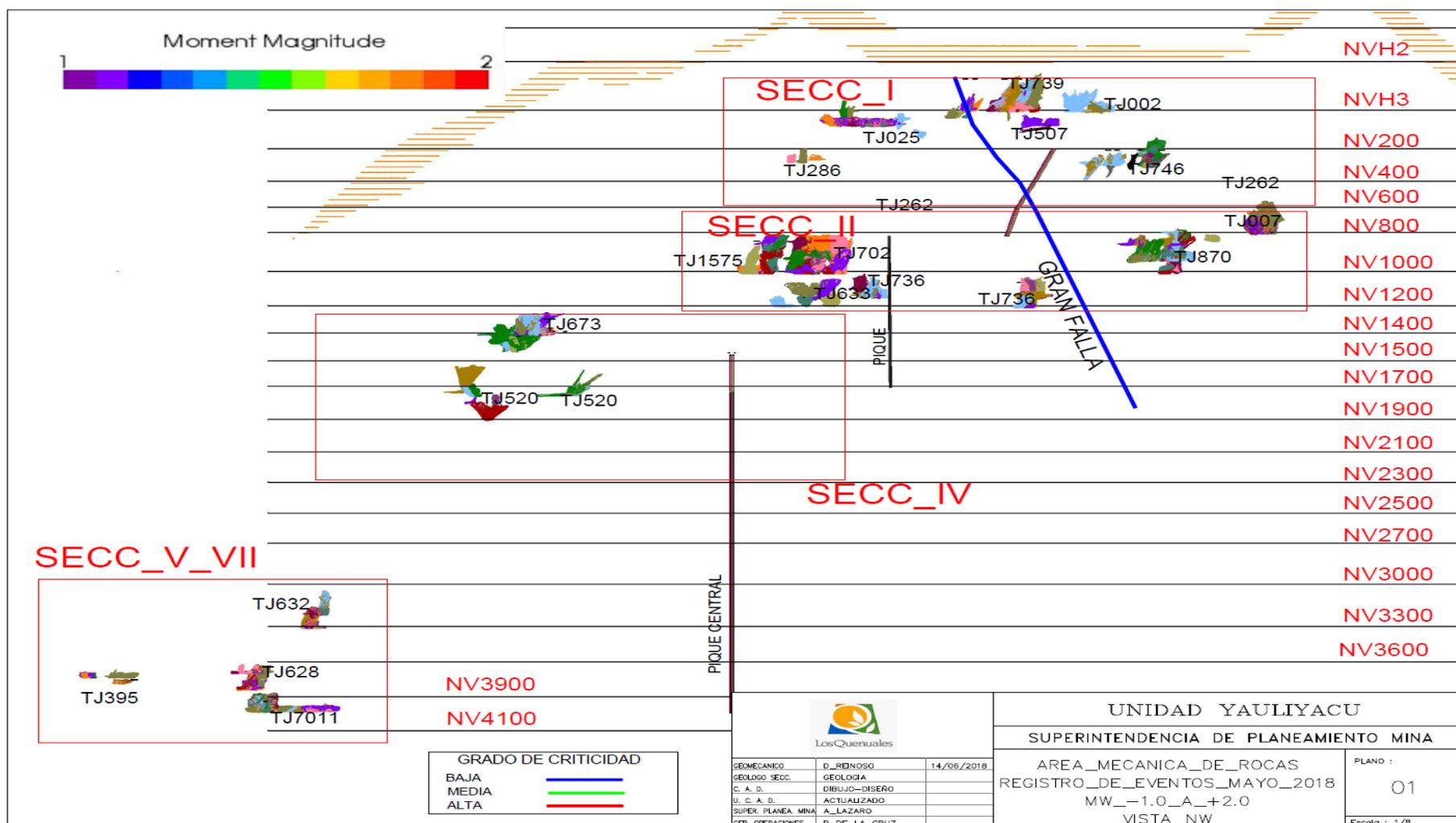


Gráfico N° 07: A continuación, se muestra los principales Tajos (SLC) explotados en las diferentes Secciones de la Mina correspondiente a junio. El mayor número de Tajos están en la Sección I y II. **Gráfico Vista al NW.**

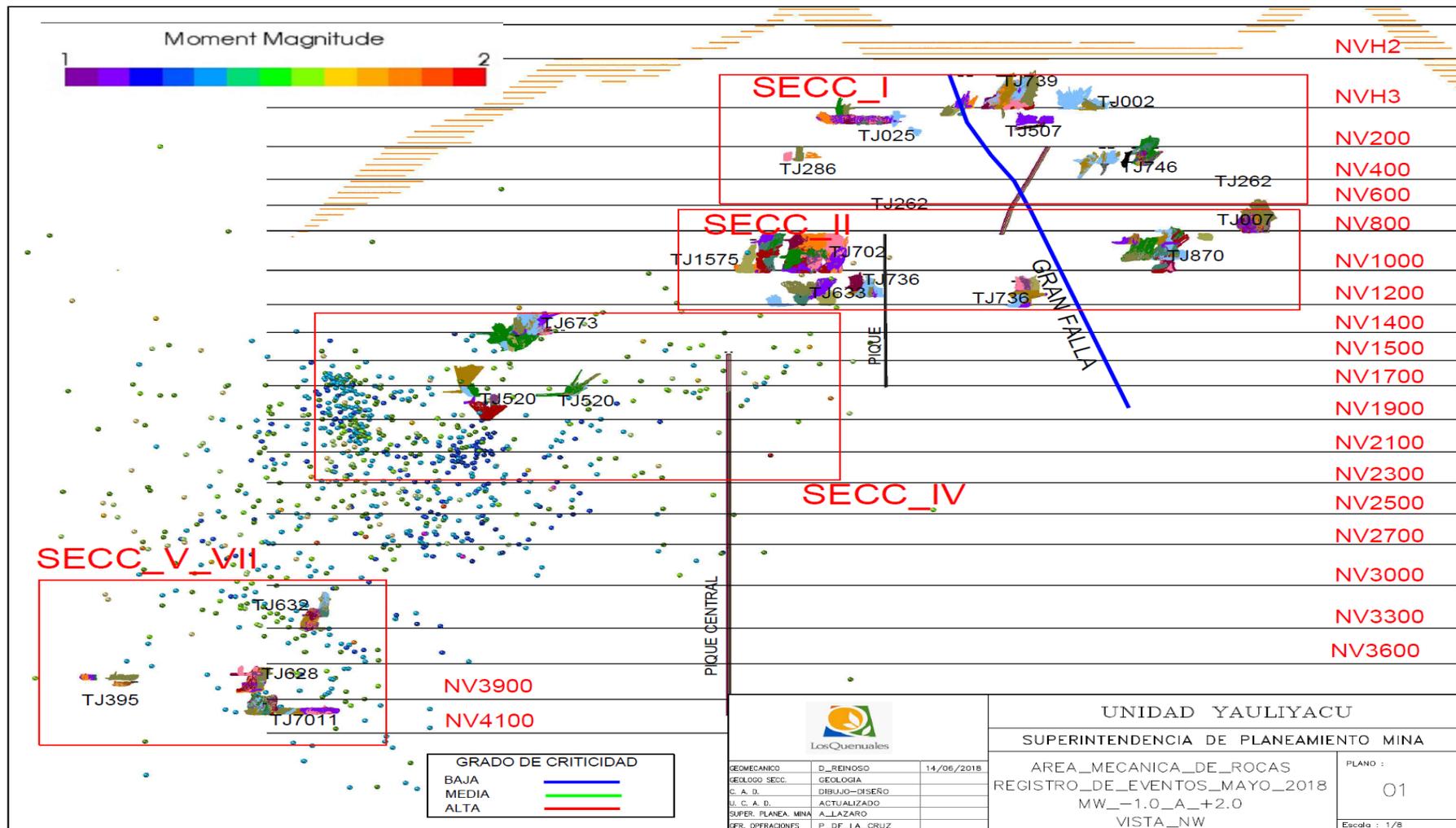


Gráfico N° 08: Gráfico con Vista NW, registro de eventos MS (Mw -1.0 a +1.9) en UM Yauliyacu. La mayor concentración de los eventos micro-sísmicos se ubica en el Nv_1900 – 2100 - 2300; las zonas operativas más cercanas corresponden al Block520 del Nv1900.

Event Rate

Total Number of Events : 110
 Average Event Rate : 3.7 events/day

From: 06/01/18 00:00:00
 To: 06/30/18 23:59:59

North: 8709600.000 - 8713290.000
 East: 364815.000 - 368969.000
 Depth: 3921.000 - 3976.000

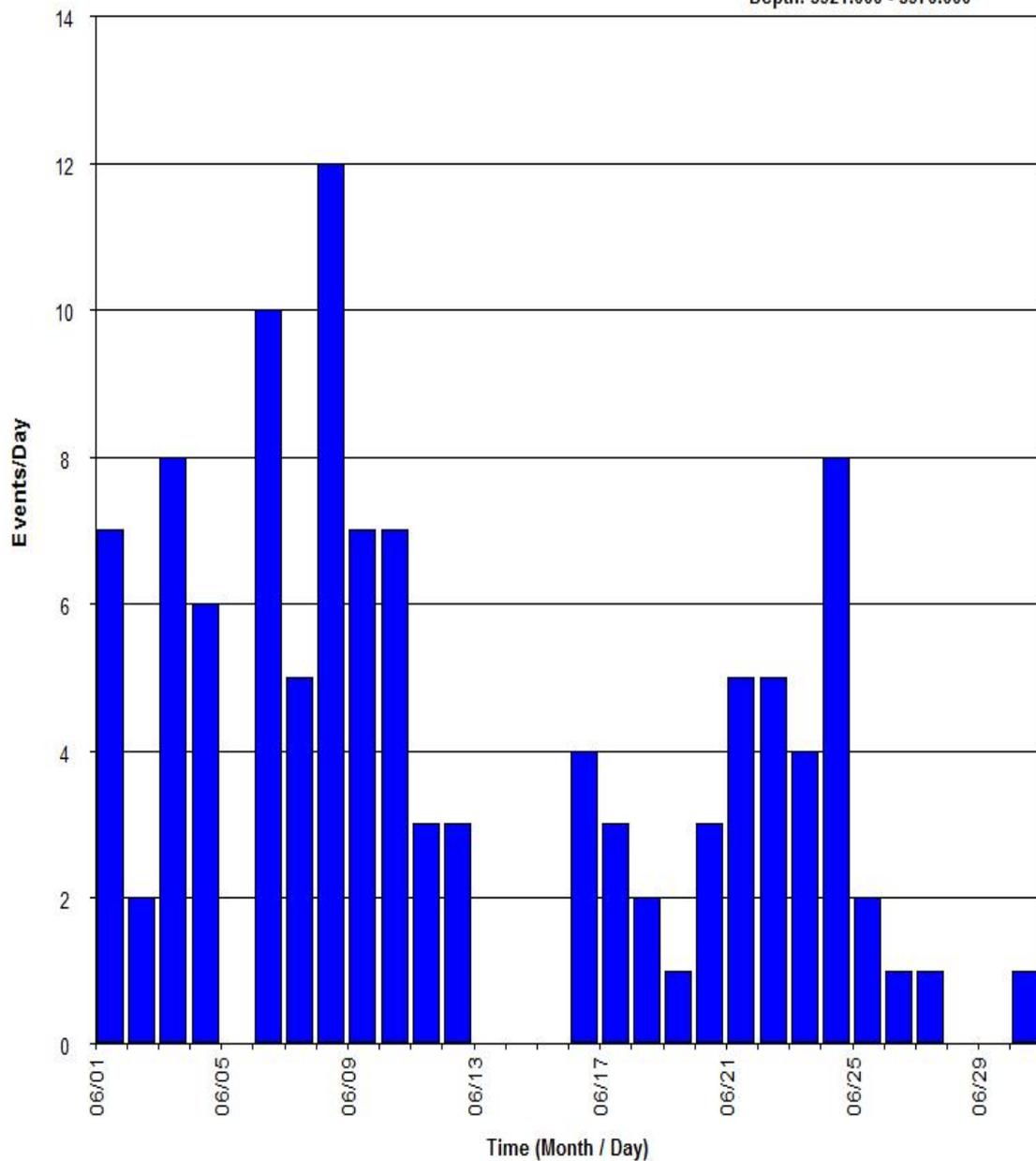


Gráfico N° 09: Se muestra la ratio de número de eventos x día registrados en UM Yauliyacu. Alcanzando picos de 12 eventos / día.

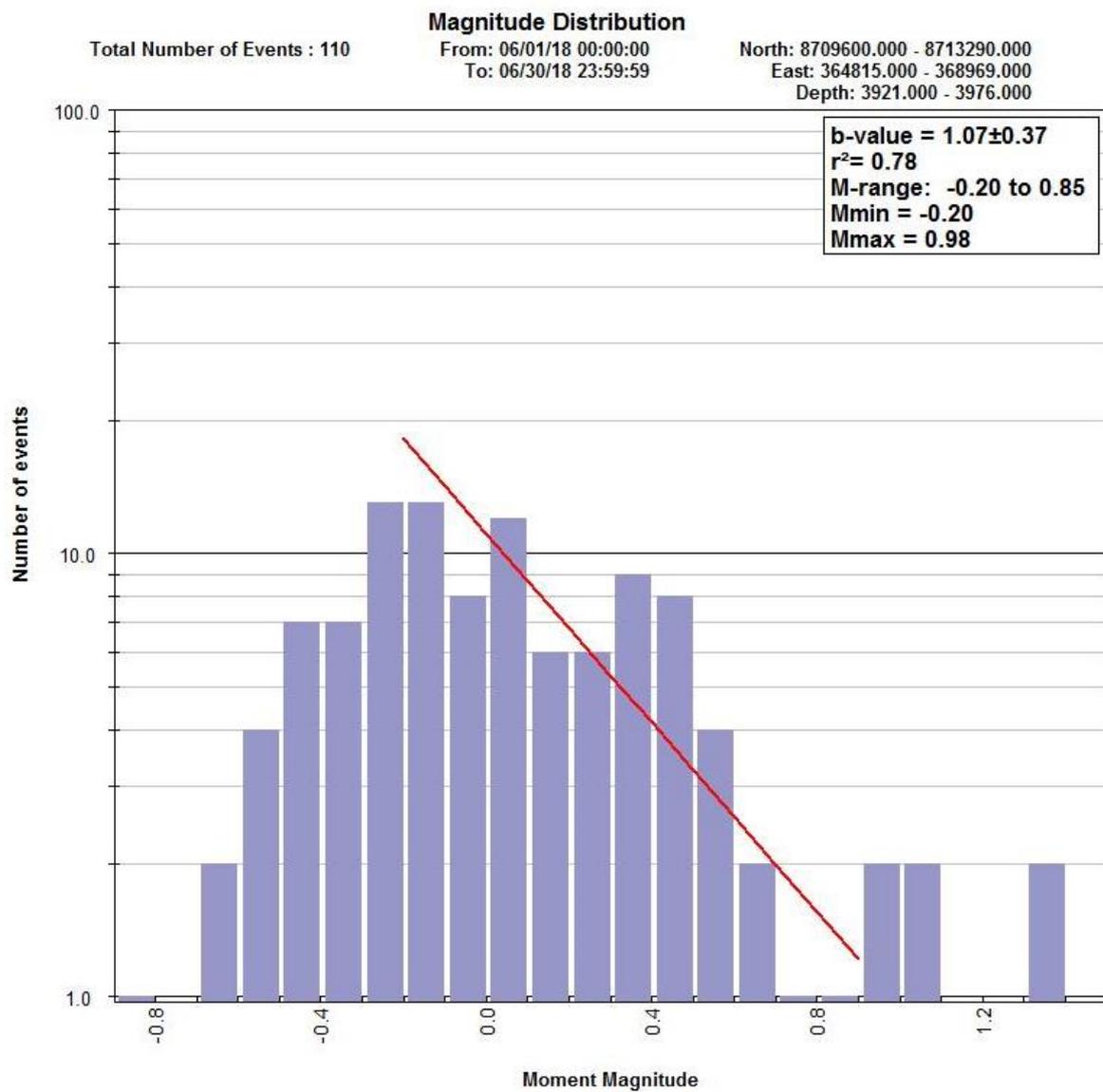


Gráfico N° 10: Del Gráfico de Distribución de la Mw, se tiene un valor de riesgo sísmico $b = 1.07 \pm 0.37$ Mw (Máxima Mw esperada) en base a una población de 110 eventos registrados en Junio en UM Yauliyacu, cercano a los Tajos en explotación.

Yauliyacu - Time of Day Plot
 Total Number of Events : 110

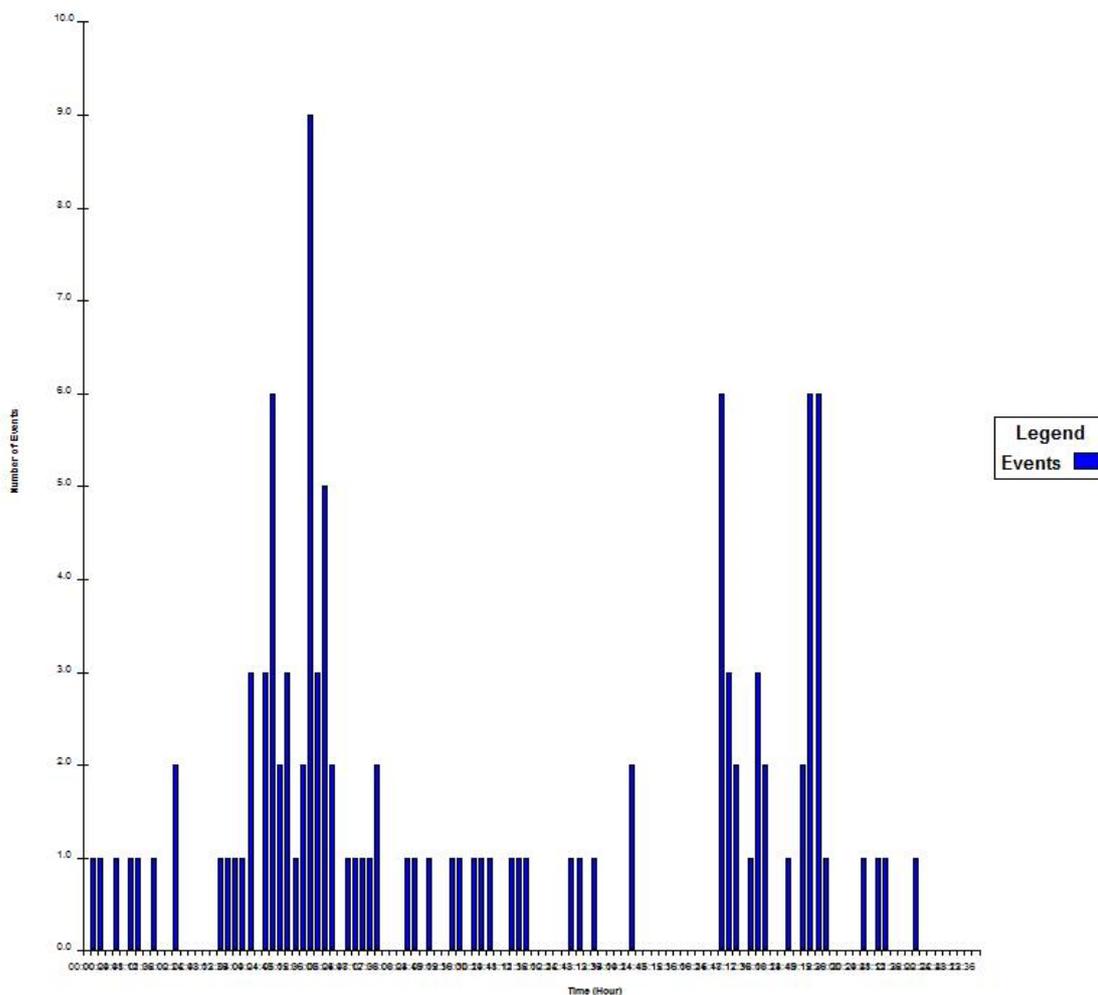


Gráfico N° 11: El mayor registro de eventos registrados, se dieron dentro de los Horarios de Voladura establecidos por el Área de Mina Yauliyacu (05:30 a.m. – 05:30 p.m.); de igual forma en UM Casapalca (06:30 a.m. – 06:30 p.m.).

**Registro de Eventos Destructivos
Cuadro N°02**

|  | | | GEOTECHNICAL DEPARTMENT | | | | | | |
|---|---------------|------|-------------------------|-----|------|---|--|-------|---|
| | | | Seismic Event | | | Severity | Zona | Level | Affected Location |
| Date | Hour | Mw | | | | | | | |
| 19/05/2017 | 10:20:52 p.m. | - | - | IV | 1900 | SN520S | Malla eslb2"x2" + Split Set 5ft esp.: 1.2 m | 6 | Se observa tajo adyacente y el sistema no registró por fallas |
| 14/09/2017 | 03:19:27 a.m. | 1.82 | Alta | VII | 4100 | RP 628(+),BP 638, VN 638, VN 638_2, VN 637, NV 3900 | Malla eslb2"x2" + Perno Helicoidal esp.: 1.2 m | > 20 | Debido a temblor Matucana |
| 14/09/2017 | 03:24:53 a.m. | 1.26 | Alta | VII | 4100 | RP 628(+),BP 638, VN 638, VN 638_2, VN 637, NV 3900 | Malla eslb2"x2" + Perno Helicoidal esp.: 1.2 m | > 20 | Debido a temblor Matucana |
| 14/09/2017 | 03:26:50 a.m. | 1.41 | Alta | VII | 4100 | RP 628(+),BP 638, VN 638, VN 638_2, VN 637, NV 3900 | Malla eslb2"x2" + Perno Helicoidal esp.: 1.2 m | > 20 | Debido a temblor Matucana |

A continuación, se presenta el registro de eventos destructivos de $M_w > 1.0$, que han causado daño a labores subterráneas en el 2010 - 2017

(estallido de rocas). En lo que va del año 2018, no se ha registrado eventos destructivos.

Eventos Mw Alta Vs. Labores Afectadas

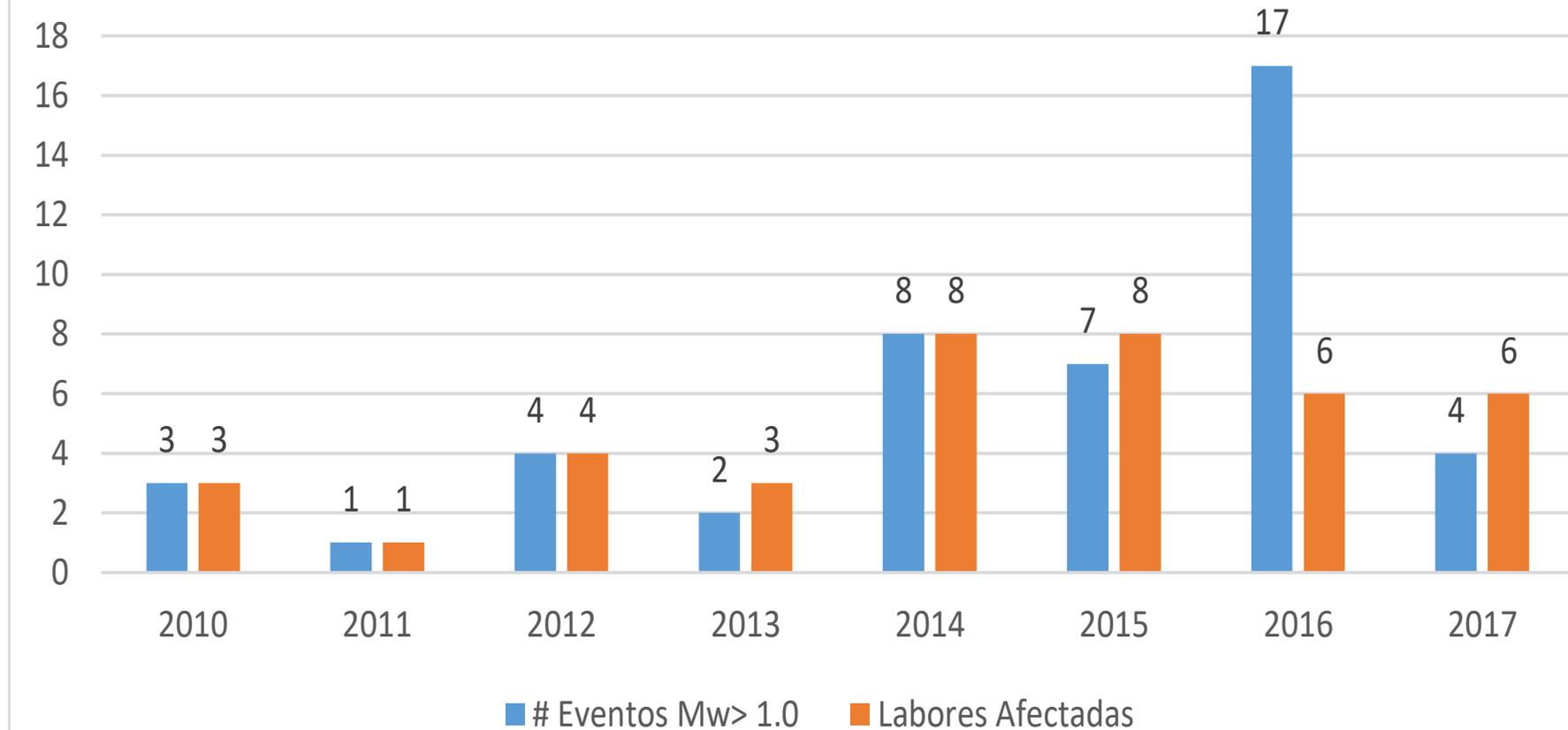


Gráfico N° 12: Se muestra la estadística de registro de eventos destructivos de Mw > 1.0 Versus la cantidad de labores subterráneas afectadas en los diferentes años. En lo que va del año 2018, no se ha registrado eventos destructivos.

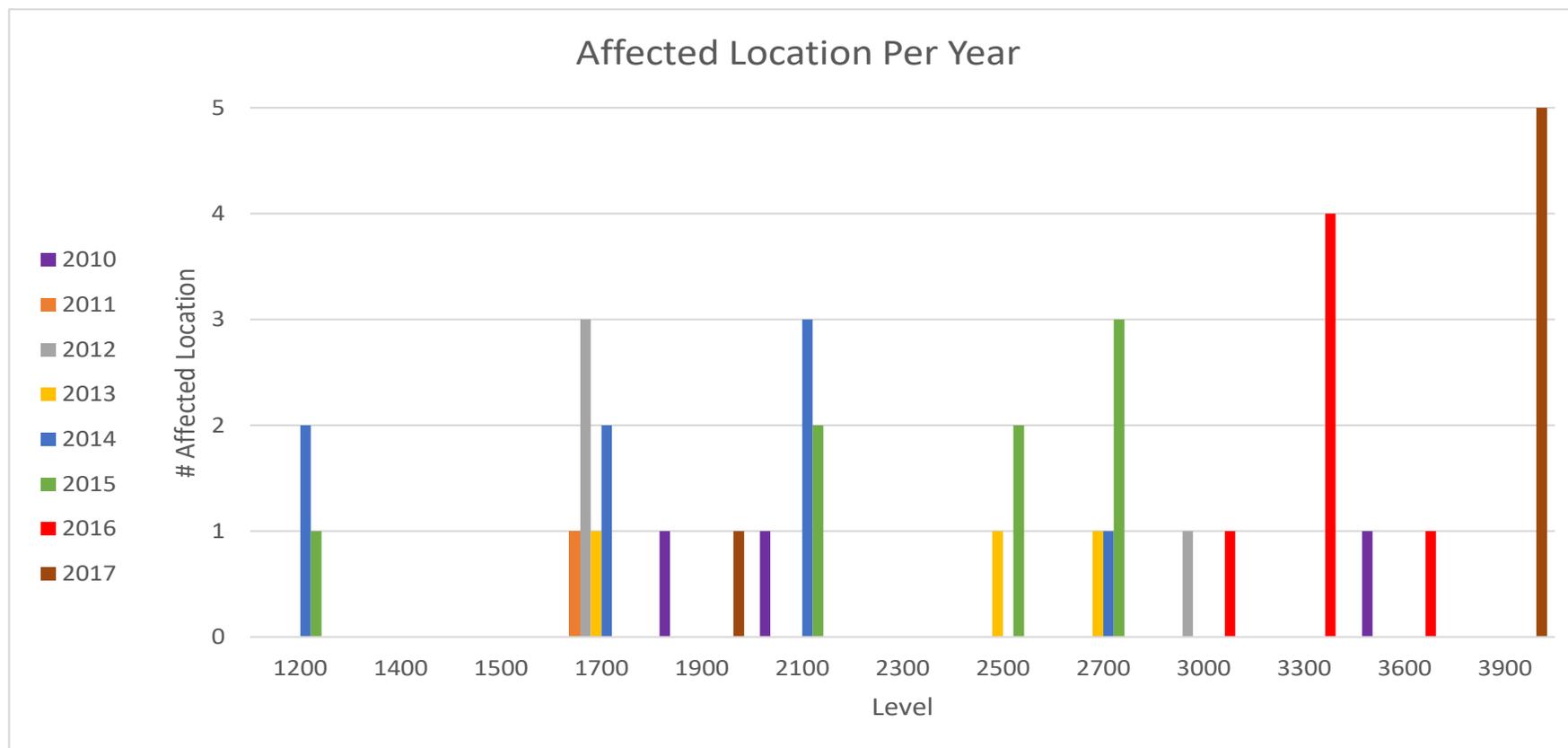


Gráfico N° 13: Se muestra la estadística del número de labores afectadas por estallido de rocas en los diferentes años y por Niveles. En lo que va del año 2018, no se ha registrado eventos destructivos.

Cabe señalar que, durante el presente año 2018, no se han registrado eventos destructivos “estallidos de roca”, con afectación a personas, equipos y/o procesos.

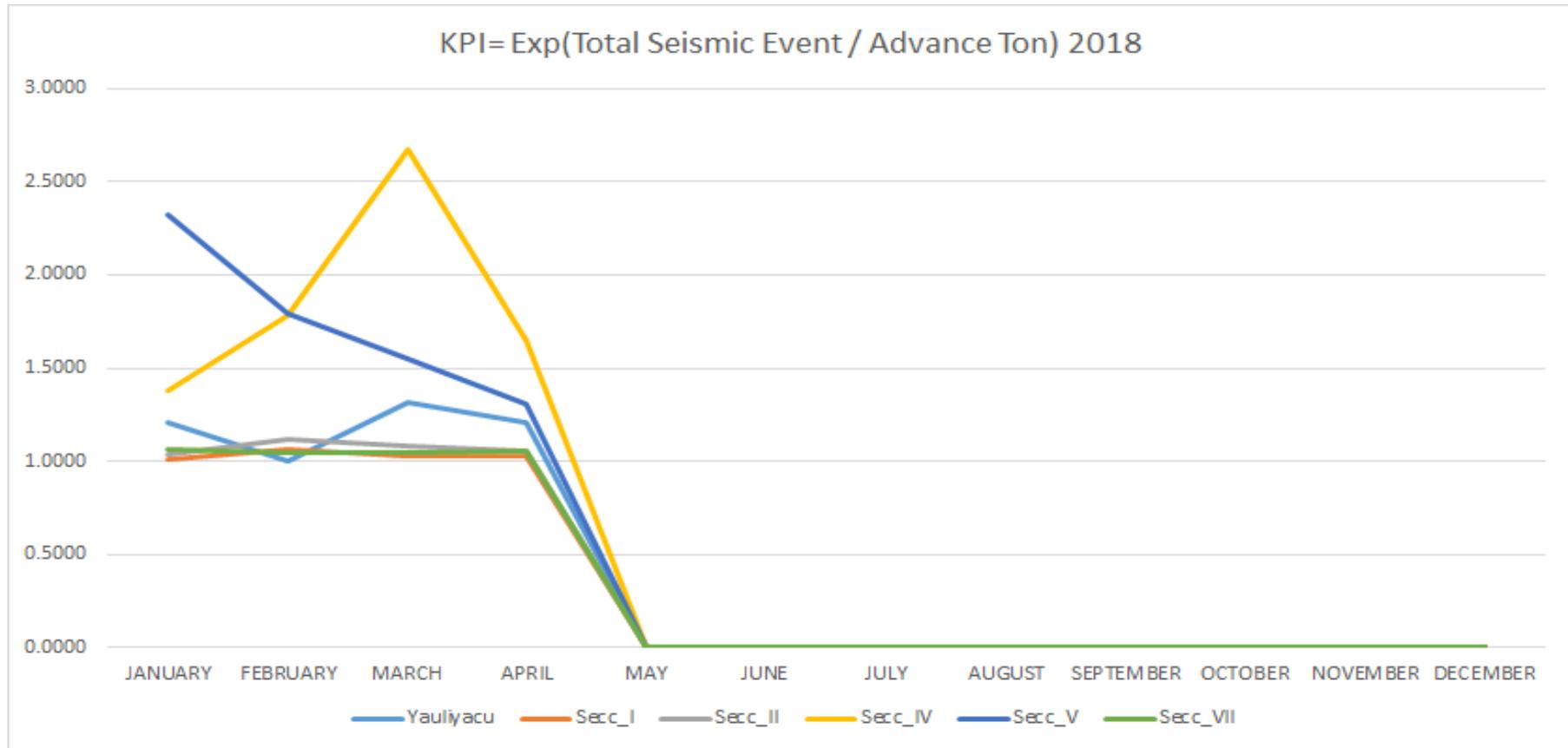


Gráfico N° 14: La Secc_IV tiene mayor KPI de #Eventos Vs. Tonelaje de los Avances (m), debido a la mayor cantidad de eventos registrados en dicha Sección. Principalmente en el Nv_1900.

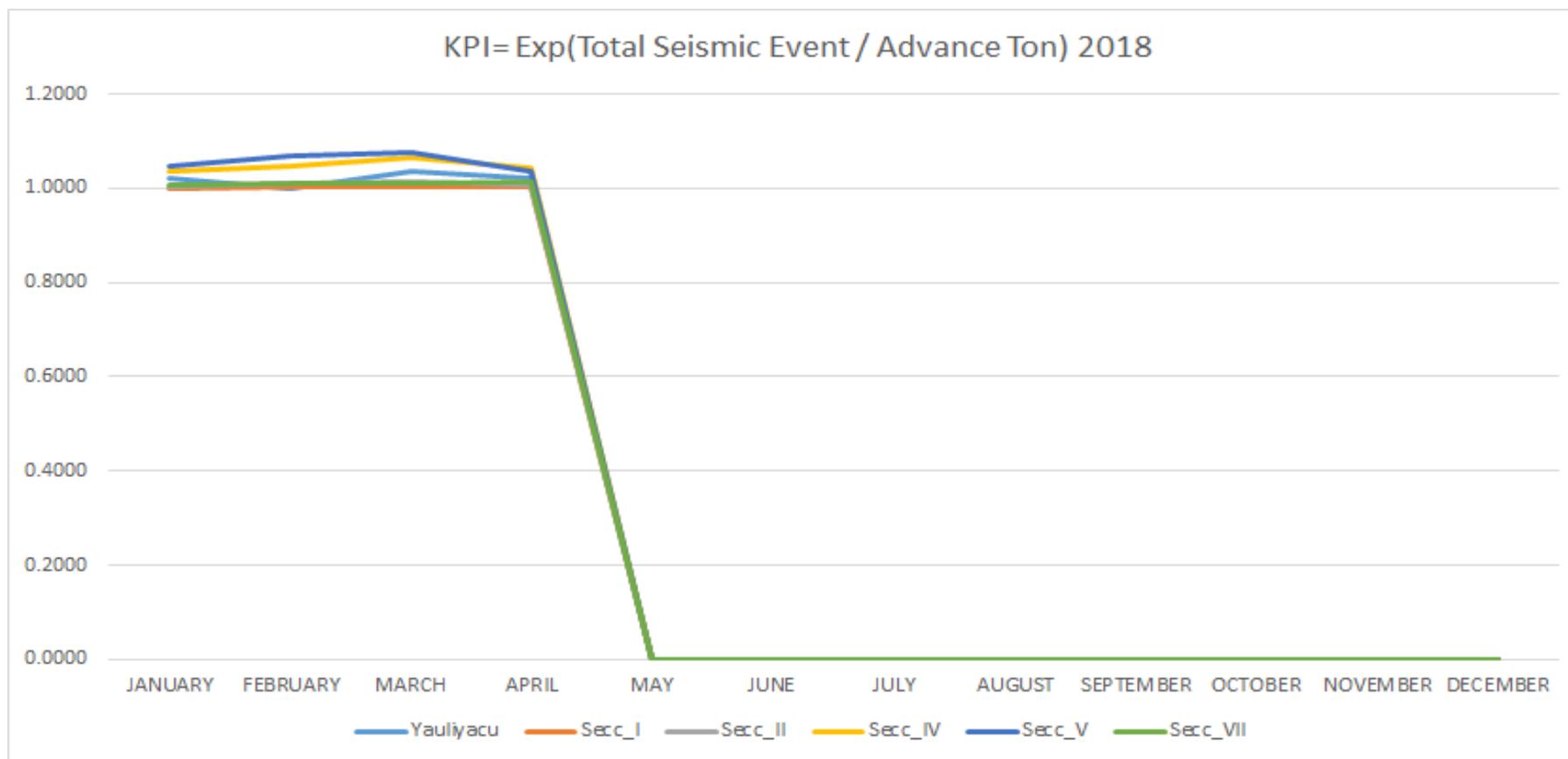


Gráfico N° 15: La Secc_IV y V tiene mayor KPI de #Eventos Vs. Tonelaje de los Tajeos.
 Cabe señalar que no se actualizado los KPIs de Junio, debido a la falta de actualización de los Datos de Tonelaje de Tajeos – Avance y Consumo de explosivos.

CONCLUSIONES

1. La mina Yauliyacu es considerada altamente sísmica y de gran ocurrencia de estallidos de rocas, los niveles 2300, 3000 son los niveles críticos debido a: la profundidad, las características geológicas, geomecánicas, estructurales, y a las labores antiguas abiertas y vacías.
2. El monitoreo microsismico (control) que cuenta la mina Yauliyacu permite controlar y registrar las ocurrencias de los eventos sísmicos en tiempo real, permitiendo conocer magnitudes como ubicación, magnitud, energía liberada, etc. Del evento sísmico.
3. El Nivel 2100 y 1900 de la Sección IV, es la zona que registra mayor concentración de eventos (477 eventos en total) principalmente adyacente a la Veta C, a partir de este Nivel los eventos se distribuyen en los Niveles adyacentes. Ver Gráfico N°03 – N°08. Principalmente las labores de preparación y producción del Tj520 Nv1900; deben tener los controles adecuados (secuenciamiento de minado, puentes y pilares; y sostenimiento de malla eslabonada 2”x2” + Split Set 5ft-7ft en condiciones estandarizadas), para evitar incidentes por estallido de roca.
4. No se ha registrado labores afectadas ni daño a personas debido a estallidos de roca durante el presente año 2018. Las estadísticas mostradas corresponden al histórico de los años anteriores. Gráfico N°12 y 13.
5. El mayor registro de eventos MS, se generan dentro del horario de disparo de UM Yauliyacu (hora 05:30 a.m. – p.m.) y UM Casapalca (Hora 06:30 a.m. – p.m.); se debe realizar la identificación de acumulación de eventos después de las voladuras en labores de Operación de la Mina. Gráfico N°11.

6. Se solicita al Área de Mina, proporcionar el registro de zonas de Voladura en ambas Guardias; con la finalidad de poder ajustar la ubicación de los eventos sísmicos.

RECOMENDACIONES

1. Efectuar una evaluación geológica continua de acuerdo con el avance debido a que el macizo rocoso no es uniforme y cambia de manera repentina.
2. Seguir las recomendaciones de geología para reducir las presiones litostáticas mediante el sostenimiento.
3. Ejecutar el sostenimiento preventivo para evitar que el macizo rocoso se relaje después de la voladura. Un estallido de rocas después de una voladura representó una gran parte del estrés de la roca.
4. Se debe realizar la rehabilitación del Sostenimiento pendiente en el Cx669 y BP648 del Nv 1900 acceso a Túnel Ricardito; hubo trabajos de desquinche para el pase del equipo de TUMI. A la fecha no se ha realizado ningún trabajo de sostenimiento según recomendación geomecánica. Esta zona registra eventos MS.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Álzate López Héctor. (2006). Física de las ondas. Universidad de Antioquia
- Álvarez Manilla A A., (2003). Evaluación de los Módulos Elásticos Dinámicos in-situ. 2nd International Course on Computational Geotechnics". Santiago de Querétaro, Qro. SMMS.
- Laubscher D.H., (1994), Cave mining-the state of art. The south African institute of mining and metallurgy
- Osinergmin (2017). Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas. Perú.
- Percy Callupe Huaranga. (2016), Sismicidad en minería: análisis, interpretación y aplicación de controles-caso Mina Yauliyacu, (Tesis de Grado). Universidad de Nacional de Ingeniería, Perú.
- Pytel Andrew - Singer Ferdinand L. (2008). Resistencia de materiales. Oxford University Press.
- Roberto Tomás, Juan Carlos Santamarta et al. (2013). Ensayos geotécnicos de suelos y rocas. Universidad de Alicante. España.
- Rolando Duran Barrios. (2019). Análisis del macizo rocoso y la determinación de sostenimiento para el control de zonas críticas propensas al estallido de rocas. (Tesis de Ingeniería de Minas). Universidad Nacional del Altiplano – UNA. Puno – Perú.
- Ruir Martinez Eccoña. (2013). Sostenimiento preventivo en los frentes de las labores subterráneas en condiciones de relajamiento rocoso: Niveles 1730-1830, Mina Papagayo Cía. Mina Poderosa S.A. (Tesis de Ingeniería de Minas). Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Perú.

Saúl Becerra Ospina. (2011). Propagación de ondas sísmicas. Universidad Nacional de Colombia.

Smith Peter, J. (1975). Temas de geofísica. Editor: Reverte.

Víctor Medina Tapia. (agosto 2006), Estallido de Rocas, Derrumbes y Sostenimiento de Labores.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO DE PLAN DE TESIS: “Estallido de rocas y sostenimiento de labores en la empresa minera los Quenuales - unidad minera Yauliyacu”

| PROBLEMA GENERAL | OBJETIVOS GENERAL | HIPOTESIS GENERAL | VARIABLES | METODOLOGÍA E INSTRUMENTOS |
|---|--|---|---|--|
| ¿Cuál es el análisis y medidas de control frente a la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización que nos permita evitar accidentes en la Empresa Minera los Quenuales, Unidad Minera Yauliyacu? | Analizar y tomar medidas de control frente a la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización que nos permita evitar accidentes en, la Empresa Minera los Quenuales, Unidad Minera Yauliyacu. | Contando con un análisis, se podrá tomar medidas de control frente a la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización que nos permitirá evitar accidentes en la Empresa Minera los Quenuales, _ Unidad Minera Yauliyacu. | <p>Variable Independiente: Análisis, y medidas de control frente a la ocurrencia de estallidos de rocas adecuadas</p> <p>Variable Dependiente: Evitar accidentes en, la Empresa Minera,</p> | <p>Tipo: Analítica - descriptiva</p> <p>Nivel: Descriptivo</p> <p>Método: Científico (Deductivo).</p> <p>Diseño: Pre experimental.</p> |
| PROBLEMAS ESPECIFICOS | OBJETIVOS ESPECIFICOS | HIPOTESIS ESPECIFICOS | POBLACION Y MUESTRA | TECNICAS E INSTRUMENTOS |
| ¿Cómo podemos analizar la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización que nos permita evitar accidentes en la Empresa Minera los Quenuales, Unidad Minera Yauliyacu? | Analizar la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización que nos permita evitar accidentes en, la Empresa Minera los Quenuales, Unidad Minera Yauliyacu | Si Analizamos la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización, nos permita evitar accidentes en la Empresa Minera los Quenuales, _ Unidad Minera Yauliyacu | <p>Población La población está compuesta por todas las labores del interior de la mina en la Compañía Minera Los Quenuales, Unidad Yauliyacu</p> <p>Muestra Se determino tomar como muestras específicamente tres galerías en el nivel 2100 y 3000 como puntos de control dentro de la mina</p> | <p>Técnicas. Se inició con la toma de datos, la información preliminar y bibliográfica, así como los datos muestrales, los cuales han de estar registrados en fichas específicas para cada tipo de información recabada. Se revisó la información como: Consumos históricos, Existencia de los materiales y Revisión de reportes del sistema SAP.</p> |
| ¿Qué medidas de control se plantea frente a la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización que nos permita evitar accidentes en la Empresa Minera los Quenuales, Unidad Minera | Tomar medidas de control frente a la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización que nos permita evitar accidentes en, la Empresa Minera los Quenuales, Unidad Minera Yauliyacu | Al Tomar medidas de control frente a la ocurrencia de estallidos de rocas en las zonas de profundización, nos permita evitar accidentes en la Empresa Minera los Quenuales, _ Unidad Minera Yauliyacu. | | |