

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“CONTROL DE VIBRACIONES POR VOLADURA EN LOS
TAJOS PAMPA VERDE Y SAN PEDRO PARA REDUCIR FLY
ROCK EN UNA MINA A CIELO ABIERTO, CAJAMARCA
2022”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Autores:

Jose Junior Jave Jimenez
Keyla Lizbeth Soplá Valderrama

Asesor:

Mg. Ing. Ronal Alvarado Obeso

<https://orcid.org/0000-0001-7264-6490>

Trujillo - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Eduardo Manuel Noriega Vidal	43236142
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Wilson Carlos Gómez Hurtado	18900541
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Wilberto Effio Quezada	42298402
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Tesis Keyla

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8 %
2	www.publicacionesmineria.com Fuente de Internet	1 %
3	repositorio.pucese.edu.ec Fuente de Internet	1 %
4	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	1 %
6	SNC LAVALIN PERU S.A.. "Tercera MEIA-D de la Unidad Minera las Bambas-IGA0001512", R.D. N° 016-2018-SENACE-PE/DEAR, 2020 Publicación	1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

Tabla de contenidos

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	23
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	26
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	58
REFERENCIAS.....	63
ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límites de la VPP en el terreno de voladura.....	53
Tabla 2: Promedio de los VPP en meses estudiados.....	54
Tabla 3: Reportes realizados sobre el tajo SP.	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del proyecto analizado.	26
Figura 2: Sismógrafo utilizado para la investigación.	27
Figura 3: Características de los tajos PV y SP.	28
Figura 4: Resultados de las vibraciones realizadas en Junio.	29
Figura 5: Resultados de la medición de VPP en el mes de Junio 2022.	31
Figura 6: Resultados de las vibraciones realizadas en Julio.	32
Figura 7: Resultados de la medición de VPP en el mes de Julio 2022.	34
Figura 8: Resultados de las vibraciones realizadas en Agosto.	35
Figura 9: Resultados de la medición de VPP en el mes de Agosto 2022.	37
Figura 10: Resultados de las vibraciones realizadas en Septiembre.	38
Figura 11: Resultados de la medición de VPP en el mes de Septiembre 2022.	40
Figura 12: Registro de los PPV en los meses analizados con su carga operante y distancia.	41
Figura 13: Plano geológico del análisis de ondas en los tajos PV y SP en la mina cielo abierto.	42
Figura 14: Malla de perforación a cielo abierto.	43
Figura 15: Secuencias de las voladuras.	43
Figura 16: Campo donde se realizó el estudio de voladura.	44
Figura 17: Grafica de velocidad vs Frecuencia bajo las normas estadounidense USBM RI8507.	45
Figura 18: Registro sísmico del resultado de la frecuencia transversal.	45
Figura 19: Registro sísmico del resultado de la frecuencia vertical.	46
Figura 20: Registro sísmico del resultado de la frecuencia longitudinal.	46
Figura 21: Registro sísmico del resultado de la sumatoria de las frecuencias.	46
Figura 22: Grafica de velocidad vs Frecuencia bajo las normas estadounidense DIN4150.	47
Figura 23: Registro sísmico del resultado de la frecuencia transversal.	48
Figura 24: Registro sísmico del resultado de la frecuencia vertical.	48
Figura 25: Registro sísmico del resultado de la frecuencia longitudinal.	49
Figura 26: Grafica de velocidad vs Frecuencia bajo las normas estadounidense USBM RI8507.	49
Figura 27: Registro sísmico del resultado de la frecuencia transversal.	50
Figura 28: Registro sísmico del resultado de la frecuencia vertical.	50
Figura 29: Registro sísmico del resultado de la frecuencia longitudinal.	51
Figura 30: Grafica de velocidad vs Frecuencia bajo las normas estadounidense USBM RI8507.	51
Figura 31: Registro sísmico del resultado de la frecuencia transversal.	52
Figura 32: Registro sísmico del resultado de la frecuencia vertical.	52
Figura 33: Registro sísmico del resultado de la frecuencia longitudinal.	53
Figura 34: Grafica lineal del Promedio VPP realizado en los meses de Junio a Septiembre.	54
Figura 35: Efecto químico de inestabilidad en emulsión usada para voladura.	55
Figura 36: Solución utilizada en la voladura.	56
Figura 37: Emulsión analizada.	56

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo, evaluar la técnica de control de vibraciones por voladura en los tajos PV y SP en una mina a cielo abierto en Cajamarca, con la finalidad de reducir el Fly Rock. Teniendo un diseño de tipo no experimental, de tipo aplicada, de nivel descriptivo – explicativo, con el propósito de comprender la descripción, registro y análisis de datos, considerando como muestra y población a las voladuras de los tajos Pampa Verde y San Pedro. Como procedimiento para obtener los datos se analizó los registros mediante el sismógrafo, ubicado en la zona aledaña al proyecto, al medir la velocidad de las vibraciones no pasan el umbral seguro L1 como indica la Guía Ambiental y son menores a 12 mm/s, por ende, se logró reducir el Fly Rock; además gracias a la evaluación técnica se evitó el uso de emulsión en mal estado que generen daños colaterales. Se obtuvo como conclusión que la evaluación de la técnica de control de vibraciones por voladura genera prevención de daños, estabilidad para las vibraciones, VPP bajo las normativas internacionales que ayudan a evitar conflictos entre los caseríos y la mina.

PALABRAS CLAVES: Fly Rock, VPP, control, sismógrafo, normativa.

NOTA

El contenido de la investigación no se encuentra disponible en **acceso abierto**, por determinación de los propios autores amparados en el Texto Integrado del Reglamento RENATI, artículo 12.

REFERENCIAS

- Álvarez, A. (2020). *Clasificación de las investigaciones*. Lima, Perú. Obtenido de <https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10818/Nota%20Acad%3%a9mica%20%20%2818.04.2021%29%20-%20Clasificaci%3%b3n%20de%20Investigaciones.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Arce, V., & Bringas, C. (2020). *Incidencia de la tecnología plasma en la variación de los efectos de las vibraciones producidas por operaciones de voladura en minería superficial, Cajamarca, 2020*. Cajamarca, Perú. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23917/Arce%20Guti%3%a9rrez%2c%20V%3%adctor%20Javier%20-%20Bringas%20Salazar%2c%20Carlos%20Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Catacora. (2015). *Aplicación del método AIR DECK para optimizar en mina Pierina*. Tacna, Perú.
- Cuayla, M. (2020). *Aplicación del plasma 4TH para fragmentación controlada en la plataforma T7 - Proyecto Quellaveco*. Moquegua, Perú. Obtenido de https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/171/D095_42616491_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cumpa, J. (2016). *Efecto de las Cámaras de Aire en Taladros de Producción para Mejorar la Fragmentación del Material y Reducir el Nivel de Vibraciones por Voladura en Minería a Tajo Abierto en el Norte del Perú, 2016*. Cajamarca, Perú. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/11034/cumpa_fj.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Dávila. (2019). *Evaluación de vibraciones en voladura con plasma para reducir la proyección de rocas (Fly Rock) en el tajo abierto de Sociedad Minera El Brocal S.A.A.* Cerro de Pasco, Perú.
- EKMR. (2022). *Diferencias entre investigación exploratoria, descriptiva y explicativa.* Obtenido de <https://invest.mundotareavirtual.com/generalidades/diferencias-entre-investigacion-exploratoria-descriptiva-y-explicativa/>
- FAMESA. (2020). *Criterios para reducir el nivel de vibraciones en minería superficial.* Lima, Perú. Obtenido de <http://www.famesa.com.pe/noticias/criterios-reducir-nivel-vibraciones-mineria-superficial/>
- Heras , F., & Guijarro, R. (2020). *Análisis de la implementación de cámaras de aire en las voladuras de canteras urbanas.* Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/50502/1/T-70430%20GUIJARRO-HERAS.pdf>
- Hinostroza, J. (2014). *Optimización de la fragmentación en las rocas con la aplicación de la doble iniciación electrónica en la explotación de cobre porfirítico a cielo abierto.* Lima, Perú. Obtenido de <https://core.ac.uk/reader/323348410>
- Jesus , L. (2022). *Detonadores electrónicos para mejorar la fragmentación de la roca en minería a cielo abierto, año 2019.* Huaraz, Perú. Obtenido de http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/5408/T033_45748577_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Marfull, A. (2017). *El método hipotético-deductivo de Karl Popper.* Obtenido de <https://andreumarfull.com/2019/12/18/el-metodo-hipotetico-deductivo/>
- Mata , L. (2019). *Diseños de investigaciones con enfoque cuantitativo de tipo no experimental.* Obtenido de <https://investigaliacr.com/investigacion/disenos-de-investigaciones-con-enfoque-cuantitativo-de-tipo-no-experimental/>

- Mucho, E. (2016). *Aplicación de un modelo de vibraciones para el control de voladuras en tajo San Gerardo mina Atacocha*. Tacna, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2478>
- Ortega, C. (2022). *¿Qué es el muestreo por conveniencia?* Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-por-conveniencia/>
- Paquera, F. (2021). *Aplicación de modelo de predicción de vibraciones devine para reducir el impacto por voladura de rocas en mina Toquepala*. Moquegua, Perú. Obtenido de https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/244/D095_46889597_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pérez. (2016). *Reducción de las vibraciones por efectos de voladura superficial usando cámaras de aire en la columna explosiva, en minera Corporación del Centro, La Libertad, 2016*. Cajamarca, Perú. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10255/P%c3%a9rez%20Quispe%20Cesar%20Ernesto.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Pérez, J. (2019). *Utilización de la medida de vibraciones en voladura para el conocimiento de los daños al macizo de roca ornamental*. Cartagena, Colombia. Obtenido de <https://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/7809/jcpc.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Pocoy, C. (2017). *Análisis de la factibilidad para el uso de Anfo pesado a base emulsión gasificable en la UNACEM periodo 2015*. Huaraz, Perú. Obtenido de http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2139/T033_4581475_4_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vargas, J. (2021). *Voladura con iniciación pirotécnica, electrónica y aplicación de fracturamiento con plasma ejecutado por la empresa ENAEX S.A. en áreas 3000 y 4000 del proyecto Quellaveco*. Moquegua, Perú. Obtenido de

https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/253/D095_45525700_T-1634165305.pdf?sequence=1&isAllowed=y