

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**
“**APLICACIÓN DEL SISTEMA DE INICIACIÓN
ELECTRÓNICO DIGISHOT PLUS PARA
OPTIMIZAR LA FRAGMENTACIÓN DE ROCAS
EN EL PROCESO DE VOLADURA EN UNA
EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA - 2022**”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Oscar Ivan Cabada Castañeda

Jeisy Jomeiny Diaz Abanto

Asesor:

Mg. Ing. Rafael Ocas Boñón

<https://orcid.org/0000-0001-9519-2532>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Daniel Alejandro Alva Huaman	43006890
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Miguel Ricardo Portilla Castañeda	45209190
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Oscar Vázquez Mendoza	46795074
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

TABLA DE CONTENIDOS

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDOS	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.3. Objetivos	31
1.3.1. Objetivo general	31
1.3.2. Objetivos específicos.....	31
1.4. Hipótesis.....	31
1.4.1. Hipótesis general	31
1.4.2. Hipótesis específicas	32
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	33
2.2. Población y muestra	33
2.2.1. Población:.....	33
2.2.2. Muestra:.....	34
2.3.1. Recopilación de información documental.....	34
2.3.2. Análisis de datos.....	34
2.4. Procedimiento	35
CAPÍTULO III. RESULTADOS	46
3.1. Análisis de fragmentación.....	46
3.3. Análisis de VOD	53
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	58
REFERENCIAS	62
ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características técnicas del agente explosivo SANG APU.....	22
Tabla 2: Características del sistema de iniciación electrónico DigiShot Plus.....	26
Tabla 3: Beneficios del sistema de iniciación electrónico DigiShot Plus	27
Tabla 4: Resultados de fragmentación para cada dominio geotécnico.....	28
Tabla 5: Mejores resultados para análisis de vibración.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Propagación de onda de choque y expansión de gas	16
Figura 2: Rotura radial por transferencia de energía	17
Figura 3: PortaMetrics	18
Figura 4: Plataforma del análisis de fragmentación	19
Figura 5: Componentes de un detonador electrónico	20
Figura 6: Agente de voladura SANG APU	21
Figura 7: Sistema de iniciación electrónico Digishot Plus 4G	23
Figura 8: Diagrama de disparo con Digishot Plus 4G	25
Figura 9: Diseño de la malla de perforación.....	35
Figura 10: Ubicación del punto de disparo del banco 3336 - 033.....	36
Figura 11: Imagen pre voladura del banco 3336 - 033.....	36
Figura 12: Parámetros del diseño de la malla de perforación.....	37
Figura 13: Diseño de carga.....	37
Figura 14: Registro de consumos	38
Figura 15: Control de densidad de SANG APU	39
Figura 16: Control de densidades	40
Figura 17: Diseño de amarre y secuencia de salida.....	40
Figura 18: Líneas de isotiempo y desplazamiento del material.....	41
Figura 19: Detonador electrónico	41
Figura 20: Booster	42
Figura 21: Conexión del detonador electrónico en superficie.....	42
Figura 22: conexión de detonadores con Commander	43
Figura 23: Inicio de testeo	44
Figura 24: Reporte Bench Commander	44
Figura 25: Sistema de análisis PortaMetrics	45
Figura 26: Imagen post voladura	45

Figura 27: Gráfico de tamaño de distribución del material fragmentado.....	47
Figura 28: Análisis de fragmentación mediante la aplicación del sistema PortaMetrics	48
Figura 29: Gráfico resumen - Mineral.....	49
Figura 30: Cuadro resumen de análisis de fragmentación del 21 al 26 de 02 del 2022	49
Figura 31: Cuadro resumen de análisis de onda elemental	50
Figura 32: Ubicación del geófono	51
Figura 33: Registro de vibraciones.....	51
Figura 34: Análisis de onda elemental a 70 metros.....	52
Figura 35: Tiempo de retardo VS vibraciones	53
Figura 36: Ubicación de los taladros seleccionados para el análisis VOD	54
Figura 37: Resumen ejecutivo proyecto 3336 – 033 – PV	54
Figura 38: Gráfico de VODs proyecto 3336 – 033 – PV	55
Figura 39: Gráfico de VOD taladro 10110.....	55
Figura 40: Gráfico de VOD taladro 10109.....	56
Figura 41: Velocidad de régimen taladro 10110	56
Figura 42: Velocidad de régimen taladro 10109	57

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Ecuación de Kuznetsov	30
---	----

RESUMEN

Esta investigación tiene como finalidad la optimización de la fragmentación de las rocas en el proceso de voladura aplicando el sistema de iniciación electrónico Digishot plus; de tal manera que traiga ingentes beneficios para la industria minera. Para el fructífero avance se ha realizado la investigación en el área geológica de la zona, así como recopilación bibliográfica de distintas fuentes sobre fragmentación y macizos rocosos, asimismo sobre todo lo que a voladura respecta; como muestra se tomó el banco minado ubicado en el nivel 3336 del tajo de la minera en estudio, con los datos obtenidos se pudo visualizar la gran ventaja que tiene ante procesos de voladura pirotécnicos; ya que se obtiene una voladura más controlada, registrando control de vibraciones, mejor obtención de P80, inclusive mejor esponjamiento; de esta manera, junto con el SANG APU el cual fue el agente explosivo utilizado, son unos grandes aliados para la industria ya que no solo se optimiza significativamente los costos finales en mina, sino también ayuda a disminuir daños por vibraciones a proyectos o labores cercanas, al mismo tiempo que reduce impactos ambientales y hasta sociales en cuanto a las zonas de influencia. Como conclusiones se obtuvo que mediante la aplicación del sistema de iniciación electrónico DigiShot plus si se consiguió mejores resultados en el proceso de fragmentación ya que estuvo acorde con los estándares establecidos; asimismo mayor control en la estabilidad de taludes y vibraciones. Por otra parte, nos ayuda a controlar tiempos mejorando así la producción en mina.

Palabras clave: Fragmentación de roca, iniciadores electrónicos, Digishot Plus, Voladura

ABSTRACT

The purpose of this research is to optimize the fragmentation of rocks in the blasting process by applying the Digishot plus electronic initiation system; in such a way that it brings huge benefits to the mining industry. For the fruitful advance, research has been carried out in the geological area of the area, as well as a bibliographic compilation of different sources on fragmentation and rock masses, also on everything related to blasting; As a sample, the mined bank located at level 3336 of the pit of the mining company under study was taken, with the data obtained it was possible to visualize the great advantage it has before pyrotechnic blasting processes; since a more controlled blasting is obtained, registering control of vibrations, better obtaining of P80, even better swelling; In this way, together with the SANG APU, which was the explosive agent used, they are great allies for the industry since not only is the final cost in the mine significantly optimized, but it also helps to reduce vibration damage to nearby projects or works, at the same time that it reduces environmental and even social impacts in terms of the areas of influence. As conclusions, it was obtained that by applying the DigiShot plus electronic initiation system, better results were achieved in the fragmentation process since it was in accordance with the established standards; also greater control in the stability of slopes and vibrations. On the other hand, it helps us to control times, thus improving production in the mine.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

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*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Mayor de San Marcos; Lima, Perú.

Bernaola, J; Castilla, J; & Herrera, J. (2013). *Perforación y voladura de rocas en minería*. Universidad Politécnica de Madrid; Madrid, España.

Paucar, R. (2016). *Voladura con detonadores electrónicos para optimizar la fragmentación y seguridad en el tajo Toromocho – minera Chinalco Perú s.a*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional del Centro del Perú; Huancayo, Perú.

Konya, J. (1998). *Diseño de Voladura*. Madrid, España.

DAVEYTRONIC. (2014). *Sistema de detonación electrónica DAVEYTRONIC SP aplicaciones en el Perú*. Davey Bickford High-tech Intiation Company, Santiago de Chile.

<https://www.dynonobel.com/south-america/innovacion-practica/recent-innovations/electronics>

Dyno Nobel. Sistema de iniciación electrónico, recuperado de: <https://www.dynonobel.com/south-america/innovacion-practica/recent-innovations/electronics>

Dyno Nobel. DigiShot plus, Recuperado de: <https://www.dynonobel.com/south-america/innovacion-practica/dsp4g>

DigiShot Plus 4G. (2018) Commander System.