



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“INFLUENCIA DEL NITRITO DE SODIO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA EXPLOSIVA QUANTEX, SANG APU Y HEAVY ANFO UTILIZADAS EN LA VOLADURA EN MINERÍA SUPERFICIAL”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA DE MINAS

Autoras:

Danna Chriss Briones Cueva

Lucero Dhemily Vásquez Huaripata

Asesor:

Ing. Víctor Eduardo Álvarez León

Cajamarca - Perú

2021

Tabla de contenidos

<i>DEDICATORIA</i>	2
<i>AGRADECIMIENTO</i>	3
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	7
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	10
<i>RESUMEN</i>	12
<i>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</i>	13
1.2. Formulación del problema.....	30
1.3. Objetivos	30
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	30
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	30
1.4. Hipótesis.....	31
1.4.1. <i>Hipótesis general</i>	31
1.4.2. <i>Hipótesis específicas</i>	31
<i>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</i>	32
2.1. Tipo de investigación.....	32
2.2. Población y muestra.....	33
2.2.1 <i>Población</i>	33
2.2.2 <i>Muestra</i>	33

2.3.	Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.	33
2.3.1	<i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos.</i>	33
2.3.2	<i>Técnicas e instrumentos de análisis de datos.</i>	34
2.4	Procedimiento	34
2.4.1	<i>Etapa de Gabinete.</i>	34
2.4.2	<i>Etapa de Campo.</i>	35
2.4.3.	<i>Etapa de análisis de datos.</i>	37
2.5	Aspectos Éticos	38
 <i>CAPÍTULO III. RESULTADOS</i>		39
3.1.	Variación de la densidad de la mezcla explosiva QUANTEX, SANG APU y HEAVY ANFO al incrementar el porcentaje de Nitrito de Sodio.	39
3.2.	Esponjamiento y kilos de explosivo por metro de taladro con el nitrito de sodio. ..	54
3.3.	Estimación de costos al utilizar las mezclas explosivas QUANTEX SANG APU y HEAVY ANFO.	57
 <i>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</i>		60
4.1	Discusión	60
4.2.	Conclusiones	65
 REFERENCIAS.....		67
 <i>ANEXOS</i>		72
	Anexo N°1	72
	Anexo N°2.....	72
	Anexo N° 3	73

Anexo N°4.....	73
Anexo N° 5.....	74
Anexo N°6.....	74
Anexo N°7.....	75
Anexo N°8.....	75
Anexo N°9.....	76
Anexo N° 10	76
Anexo N° 11	77
Anexo N°13	78
Anexo N°14	78
Anexo N°15	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	19
Velocidades de detonación para diferentes agentes de voladura mezclas explosivas a base de emulsión a granel.	19
Tabla 2	39
Resultados de la densidad del QUANTEX.	39
Tabla 3	40
Resultados de la densidad del SANG - APU.	40
Tabla 4	41
Resultados de la densidad del H.A	41
Tabla 5	42
Densidad final de 1.1g/cm, este explosivo es versátil trabaja en taladros con agua, húmedos y seos donde la roca sea muy competente (dura).	42
Tabla 6	43
Densidad final 1.0 g/cm, explosivo para taladros húmedos secos, roca competente.	43
Tabla 7	44

Densidad final 0.80, explosivo para taladros secos y terreno suave, mayor esponjamiento.	44
Tabla 8	45
Densidad final 1.1g/cm, explosivo para taladros húmedos y secos.	45
Tabla 9	46
Densidad final 1.0 g/cm, explosivo para taladros secos de roca media.	46
Tabla 10	47
Densidad final 1.229 g/cm	47
Tabla 11	48
Densidad final 1.182 g/cm	48
Tabla 12	49
Densidad final 1.141 g/cm	49
Tabla 13	50
Densidad 1.114 g/cm	50
Tabla 14	51
Densidad final 1.15 g/cm, explosivo para taladros secos y terreno suave, menor esponjamiento.	51

<i>Tabla 15</i>	52
Densidad final 1.1g/cm, explosivo para taladros secos y húmedos de roca dura	52
<i>Tabla 16</i>	53
Densidad final 1.0g/cm, explosivo para taladros secos. HEAVY ANFO	53
<i>Tabla 17</i>	54
Esponjamiento y Ahorro del explosivo en el QUANTEX .	54
<i>Tabla 18</i>	55
Esponjamiento y Ahorro del explosivo en el SANG APU	55
<i>Tabla 19</i>	56
Esponjamiento y Ahorro del explosivo en el HEAVY ANFO	56
<i>Tabla 20</i>	57
<i>Costos por Metro de Carga Real en el QUANTEX .</i>	57
<i>Tabla 21</i>	58
Costos por Metro de Carga Real en el SANG APU.	58
<i>Tabla 22</i>	58
<i>Costos por Metro de Carga Real en el HEAVY ANFO</i>	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 1	40
Variación de la densidad con respecto al porcentaje de inyección de Nitrito y el Tiempo en el QUANTEX.	40
Gráfico 2	41
Variación de la densidad con respecto al porcentaje de inyección de Nitrito y el Tiempo en el SANG APU	41
Gráfico 3	42
Variación de la densidad con respecto al porcentaje de inyección de Nitrito y el Tiempo en el HEAVY ANFO	42
Gráfico 4	54
Esponjamiento según el porcentaje de inyección de Nitrito en el QUANTEX.	54
Gráfico 5	55
Esponjamiento según el porcentaje de inyección de Nitrito en el SANG APU.	55
Gráfico 6	56
Esponjamiento según el porcentaje de inyección de Nitrito en el HEAVY ANFO	56

Grafico 8 **58**

Costo del Metro por carga real según el porcentaje de Nitrito en el SANG APU. **58**

Gráfico 9 **59**

Costo del Metro por carga real según el porcentaje de Nitrito en el HEAVY ANFO.

59

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo general, determinar la influencia del nitrito de sodio en las propiedades de la mezcla explosiva QUANTEX, SANG APU y HEAVY ANFO utilizada en la voladura en minería superficial, para así demostrar que, al adicionar porcentajes de Nitrito de Sodio en la emulsión gasificada, se incrementa el esponjamiento y la densidad, permitiendo así tener un ahorro económico significativo en el explosivo y así minimizar los costos de voladura. El tipo de investigación es de tipo no experimental aplicada con diseño descriptivo. La muestra utilizada consistió en los porcentajes adicionados, en las emulsiones; Quantex al 3 %, 4 %, 5 % y 9 %, Sang APU al 2.60%, 2.80% y 3% y Heavy Anfo al 3% ,4% y 4.5% de nitrito de sodio en las tres mezclas explosivas estudiadas. Las técnicas de recolección de datos utilizados, fueron la observación y el análisis documental. Los reportes diarios de pre voladura nos permitieron obtener información de los porcentajes del nitrito de sodio utilizados, las densidades y esponjamiento de la mezcla explosiva, los kilos de explosivo por metro con nitrito de sodio, y el ahorro del explosivo por metro. Se concluye que los beneficios económicos son significativos con la utilización de la emulsión gasificada Sang APU; ya que se ven reflejados en una importante disminución en el costo por metro de carga real, donde se realizó la comparación con el Quantex y Heavy Anfo. De estas tres emulsiones investigadas, el que presente menor costo por metro de carga real, es el SANG APU con una dosificación al 3% de Nitrito de sodio, con un costo de 40.84\$, por el contrario la mezcla explosiva que tiene mayor costo es el Quantex con una dosificación de 3% de nitrito que alcanza un valor 59.25\$.

Palabras Claves: Emulsión gasificable, voladura, explosivo, Nitrito de Sodio.

NOTA DE ACCESO:

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.

REFERENCIAS

- Accinelli (2013). *Estudio técnico realizado para la empresa BRITANITE en la minera PITINGA sobre las características del esponjamiento de la emulsión gasificada y su densidad de copa*. Manaus- Brasil.
- Alcocer (2013), “*Estudio experimental para la elaboración de emulsión gasificada para la industria minera*”. Lima – Perú.
- Bernaola A, J., Castilla G, J., & Herrera H , J. (2013). *Perforación y Voladura de Rocas*. Madrid, España.
- Bocangel, L., (2015) “*optimización de las operaciones y precios unitarios de minado para la reducción de los costos operativos en mina paula*”, AREQUIPA UNSA.
- Brandy, G., & brown, E. (2005). *Rock mechanics for underground mining*. U.S.A.: springer siente.
- Bustillos, m., & Jimeno, L. (1991). *Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras*. Madrid: Instituto Tecnológico Geo minero de España.

CHIAPPETTA, F. (2014). *New Innovative Blasting Techniques to Improve Fragmentation, Final Highwalls and Plant Throughput*. Pennsylvania-USA.

EXSA SOLUCIONES. S.A. (2013). *Manual Práctico de Voladura*.

EXSA. (2019). *Manual práctico de voladura*. Perú.

Gaona Gonzales , A. J. (2015). *Optimización de la voladura ,Mina la Virgen -de la Compañía Minera San Simón- Huamachuco Trujillo*(Tesis de pregrado). Piura : Universidad Nacional de Piura .

Hernández, S. et al (2007) *Metodología de Investigación*. Mc. Graw-Hill. México.

Hinostroza Sierra, J. R. (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.

Huamán, B. A. (2010). *Implementación De Un Nuevo Sistema De iniciación Electrónica En Perú - Seguridad Y Versatilidad”*. Lima-Perú.

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO DE ESPAÑA. (1994). *Manual de Voladura Rocas*. España.

Instituto Tecnológico Geo Minero de España . (1991). *Manual de Perforación y Voladura* .
Madrid -España .

Jimeno, L. (1998). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Madrid: Instituto
Tecnológico Geo minero de España.

Kenzie, M. (1994). *Estado del Arte de la Tronadura*. Santiago de Chile.

Leiva Torres, A. (2007). *Influencia de la Optimización de la Fragmentación de Roca en la
Rentabilidad de las operaciones Mina- Molienda*. (Tesis de Pregrado).
Pontificia Universidad católica del Perú, Perú.

López (2021), “*Empleo de la Emulsión Gasificante SANG APU para minimizar costos de
voladura en Minera la Zanja S.R.L*”. Cajamarca – Perú.

Loza Carazas, Robert Antonio. (2013), “*Aplicación del Método de Holmberg para el
Mejoramiento de la Malla de Voladura en la Empresa Minera Aurífera
Retamas S.A. Tacna*.”

Mancera, O. A., Serrano, O. A., & Guerrero Páez, A. (2011). *Comparación entre el sistema
de iniciación nonel y electrónico en las voladuras y su efecto en la
fragmentación, forma de la pila costos de producción y vibraciones*. pág.
17.

- Miranda S, Y. (2009). *Estudio del rendimiento entre detonadores electrónicos y no eléctricos e implicancia en la economía del proceso y seguridad en tajo abierto*.(tesis de pregrado). . Lima-Perú.
- Paricahua (2019). “*Uso de Emulsión Gasificante SAN – G para reducir el costo de Voladura en la unidad Minera ANDRÉS – JESSICA – ARUNTANI S.A.C*”.
Puno – Perú.
- Persson, A., Holmberg, R., & Lee, J. (1999). *Rock Flashing and Explosives Engineering*.
- Poma F, J. (2012). *Importancia de la fragmentación de la roca en el proceso Gold Mill Caso Minera Yanacocha*- (Tesis de pregrado). PUCP. Lima- Perú.
- Poma Fernández , J. L. (2016). *Importancia de la Fragmentación de la roca en el proceso Gold Mill*(Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú.
Lima .
- Pomaylle , Q., & Vásquez , P. (2013). *Voladura con sistema de iniciación mixto eléctrico y no eléctrico en la profundización del pique N°2 , mina teresita*(Tesis Pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica. . Huancavelica- Perú.
- Ramirez, P., Lain, R., & Grijaldo, E. (1991). *Mecánica de rocas aplicada a la minería a cielo abierto*. Madrid: Instituto Geológico Minero de España.
- Roberto Hernández Sampieri. *Metodología de Investigación*, 6ta. Edición.

Romero 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) . Huancayo. Perú.

Wilfredo Ojeda Mestas (2003), “*Diseño de Mallas de Perforación y Voladura Subterránea Aplicando un Modelo Matemático*”. Huancayo.