

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

**TESIS:**

**INFLUENCIA DE BOLSAS CARTÚFLEX EN LOS COSTOS DE  
EMULSIÓN SAN-G®. EN EL AREA DE PERFORACION Y  
VOLADURA, TANTAHUATAY - CAJAMARCA 2018**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO DE MINAS**

**Presentada por:**

**Bach. HUAMAN GAVIDIA, CÉSAR ULISES**

**Cajamarca – Perú**

**2018**

## **DEDICATORIA:**

A Dios por las múltiples bendiciones derramadas y permitirme llegar hasta aquí y lograr este sueño tan anhelado.

A mis amados padres Hilda y Eladio, por su apoyo incondicional y sus consejos no los defraudaré.

A Elmer y Luz, mis hermanos por su cariño, gracias por estar conmigo en todo momento, siempre los llevaré presente.

A mi esposa e hijo, que me apoyó incondicionalmente y confió en mí.

**César**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Alas Peruanas Filial Cajamarca, por darme la mejor oportunidad de superarme para forjar un mejor futuro y lograr uno de mis objetivos.

A los Docentes de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura que me enseñaron a valorar los estudios y superarme cada día.

A mis amigos y a todas las personas que me apoyaron para la realización del presente trabajo de investigación.

El autor

## RESUMEN

La presente tesis profesional establece la influencia de bolsas Cartuflex en los costos de emulsión San-G® en el área de perforación y voladura Tantahuatay - Cajamarca, 2018. Ejecutado desde el 09 de enero del 2018 hasta el 09 de junio 2018. Se optó la aplicación de bolsas Cartuflex para ver cuál es la influencia en los costos de emulsión San-G®. Las bolsas Cartuflex, son accesorios hecho para voladura con la finalidad de reducir los costos dentro del área de perforación y voladura, así mismo actúan como cámaras de aire al aplicarlas al fondo de los taladros de producción, ahorrando carga explosiva de emulsión San-G® por taladro, ya que la bolsa como cámara de aire ocuparía parte de la sobreperforacion de cada taladro, haciendo que la disipación de la energía sea mucho mejor al momento de la fracturación de la roca mineralizada y logrando una buena fragmentación del mineral, para lo cual se tomaron fotos en campo y se procesaron, lo cual se obtuvieron buenos resultados de fragmentación. Con la aplicación de las bolsas Cartuflex en los taladros de producción se lograron los siguientes resultados: el cual generó un 91% de mejora para la empresa. Los costos de emulsión San-G® generados en la actualidad en la Unidad Minera Coimolache S.A. Proyecto Tantahuatay se estiman en \$ 1275389.37, así como los costos de emulsión San-G® obtenidos después de aplicar las bolsas Cartuflex en el carguío y taladros en la Unidad Minera Coimolache S.A. durante el periodo de estudios alcanzan un total de \$ 578.584. Generando un ahorro económico generado después de la aplicación de las bolsas Cartuflex y de la emulsión San-G®, en beneficio del Proyecto Tantahuatay asciende a \$ 76.427, en beneficio de la empresa.

**Palabras claves:** emulsión, accesorios de voladura, taladros de producción, velocidad de detonación, fragmentación, primado.

## ABSTRAC

This professional thesis establishes the influence of Cartuflex bags on San-G® emulsion costs in the Tantauatay - Cajamarca drilling and blasting area, 2018. Executed from January 9, 2018 to June 9, 2018. The decision was made to application of Cartuflex bags to see what is the influence on San-G® emulsion costs. Cartuflex bags, are accessories made for blasting with the purpose of reducing costs within the area of drilling and blasting, likewise act as air chambers when applied to the bottom of production drills, saving explosive charge of emulsion San-G® by drill, since the bag as an air chamber would occupy part of the overperforation of each drill, making the dissipation of the energy much better at the moment of the fracturing of the mineralized rock and achieving a good fragmentation of the mineral, for which photos were taken in the field and processed, which resulted in good fragmentation results. With the application of the Cartuflex bags in the production drills the following results were achieved: which generated a 91% improvement for the company. The San-G® emulsion costs currently generated in the Coimolache Mining Unit S.A. Project Tantauatay is estimated at \$ 1275389.37, as well as San-G® emulsion costs obtained after applying the Cartuflex bags in the loading and drilling in the Coimolache S.A. during the study period they reach a total of \$ 578,584. Generating an economic saving generated after the application of the Cartuflex bags and the San-G® emulsion, for the benefit of the Tantauatay Project it amounts to \$ 76,427, for the benefit of the company.

**Keywords:** emulsion, blasting accessories, production drills, detonation velocity, fragmentation, primate.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis profesional se refiere a la aplicación de bolsas Cartuflex, que se puede definir como el uso de accesorios de voladura para ser usados como cámaras de aire en el fondo de los taladros de producción, el cual mediante su aplicación se redujo la carga explosiva de emulsión San-G® por taladro. La característica principal de las bolsas Cartuflex es que es un producto nuevo que recién se está ingresando al mercado de la minería como accesorio de voladura con la finalidad de reducir costos de perforación y de voladura en las unidades mineras.

Para analizar esta problemática es necesario mencionar sus causas, una de ellas es el excesivo consumo de agentes de voladura como la emulsión San-G® así como otros agentes que tienen un costo alto por kilogramo, en este caso el San-G que tiene un costo de 0.65 dólares por kilogramo, haciendo que los costos por voladura sean altos, esta investigación se realizó con el interés de conocer el ahorro económico que se generaría al aplicar las bolsas Cartuflex y así mismo cuales sería los resultados en la fragmentación del mineral.

Esta investigación se realizó directamente en campo en el tajo de producción Tantahuatay II de minera Coimolache, con personal del área de perforación y voladura de la empresa San Martín Contratistas Generales S.A. y Famesa explosivo. S.A.C durante el periodo de investigación de enero a junio del 2018. Las pruebas de estudio se obtuvieron de los proyectos volados haciendo un total de 42 proyectos durante los 5 meses, los cuales para su análisis se da en función a cada mes por proyectos volados. Con la aplicación de las bolsas Cartuflex se estima tener un ahorro en compra de emulsión San-G®, dependiendo a la cantidad de taladros a volar por malla perforada, haciendo una estimación de 20.000 kg a 34,000 kg de emulsión por malla con un costo de 0.65 dólares por 1 kg de emulsión San-G®.

El presente trabajo consta de cinco capítulos: Primer Capítulo; contiene descripción de la realidad problemática, delimitación de la investigación, delimitación especial, delimitación social, delimitación temporal, delimitación conceptual, problema principal, problemas secundarios, objetivo general, objetivos específicos, comprende hipótesis general, hipótesis secundarias, variables. Operalización de la Variables, metodología, tipo de investigación, nivel de investigación, método y diseño de la investigación, población y muestra de la investigación, técnicas e instrumentos de la recolección de datos, justificación, importancia, limitaciones. Segundo Capítulo; incluye antecedentes del problema, bases teóricas, definición de términos básicos. Tercer Capítulo; Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados Cuarto Capítulo; incluye proceso de contraste de hipótesis. Quinto capítulo, discusión de resultados. Matriz de consistencia y anexos.

## TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRAC.....	v
INTRODUCCIÓN.....	vi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO .....	13
1. Descripción de la realidad problemática.....	13
1.1 Delimitaciones de la investigación.....	15
1.1.1 Delimitación espacial .....	15
1.1.2 Delimitación social.....	15
1.1.3 Delimitación temporal .....	15
1.1.4 Delimitación conceptual.....	15
1.2 Problemas de investigación.....	16
1.2.1 Problema principal.....	16
1.2.2 Problemas secundarios.....	16
1.3 Objetivos de la investigación .....	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 Hipótesis y variables de la investigación .....	17
1.4.1 Hipótesis general.....	17
1.4.2 Hipótesis secundarias.....	17
1.4.3 Variables de la investigación .....	17
1.4.4 Operacionalización de las variables de la investigación .....	18
1.5 Metodología de la investigación.....	19
1.5.1 Tipo y nivel de Investigación.....	19
1.5.2 Método y diseño de la investigación .....	19
1.5.3 Población y muestra de la investigación.....	19
1.5.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	20
1.5.5 Justificación, importancia y limitaciones de la investigación .....	20
2.1. Antecedentes de la investigación .....	23
2.1.1. A nivel Internacional.....	23
2.1.2. A nivel nacional.....	24
2.1.3. A nivel local .....	25
2.2. Bases teóricas .....	26
2.2.1. Mecánica de rocas .....	26
2.2.2. Perforación de rocas en minería superficial.....	28
2.2.3. Bolsas Cartuflex.....	32
2.2.4. Emulsión San-G®.....	36
2.2.5. Marco legal de minería .....	46
2.3. Definiciones términos básicos.....	46
CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	48
<b>3.1. Análisis de tablas y gráficos .....</b>	<b>48</b>
<b>3.1.1. Diagnóstico situacional actual de la Empresa Tantahuatay Cia</b> <b>Minera Coimolache .....</b>	<b>50</b>
<b>3.1.2. Proceso de Perforación y Voladura en Unidad Minera Tantahuatay</b>	<b>52</b>
<b>3.1.3. Diseño de Taladros de ayuda .....</b>	<b>57</b>
<b>3.1.4. Taladros de crestas .....</b>	<b>57</b>
<b>3.1.5. Proyectos volados después de la aplicación del Cartuflex.....</b>	<b>63</b>
<b>3.1.6. Análisis de fragmentación de mineral .....</b>	<b>63</b>

<b>3.2. Pruebas realizadas aplicando bolsas Cartuflex.....</b>	<b>64</b>
<b>3.3. Análisis de costos después de la aplicación de las bolsas Cartuflex.....</b>	<b>85</b>
3.3.1. Resumen de costos por mes de aplicación.....	85
3.3.2. Resumen de costos generados durante el periodo de investigación.....	86
<b>CAPITULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPOTESIS .....</b>	<b>89</b>
4.1. Prueba de hipótesis general .....	89
4.2. Prueba de hipótesis específica .....	89
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>91</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>91</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>92</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>95</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las variables de investigación .....	18
Tabla 2 Muestra de estudio .....	20
Tabla 3 Índice de calidad de la roca .....	27
Tabla 4 Propiedades del macizo rocoso .....	27
Tabla 5 Características del macizo rocoso .....	28
Tabla 6 Variables de diseño de disparo.....	31
Tabla 7 Propiedades de las bolsas Cartuflex.....	33
Tabla 8 Usos de las bolsas Cartuflex .....	34
Tabla 9 Beneficios de las bolsas Cartuflex como cámara de aire inferior .....	35
Tabla 10 Características Técnicas del San-G.....	38
Tabla 11 Cronograma de actividades .....	49
Tabla 12 Pruebas ejecutadas con bolsas Cartuflex, mes de enero 2018.....	65
Tabla 13 Costo de pruebas con bolsas Cartuflex, mes de enero 2018.....	66
Tabla 14 Pruebas realizadas con bolsas Cartuflex, mes de febrero 2018 .....	70
Tabla 15 Costos de pruebas realizadas con bolsas Cartuflex, mes de febrero 2018. ..	70
Tabla 16 Pruebas realizadas con bolsas Cartuflex, mes de marzo 2018.....	73
Tabla 17 Costo de pruebas con bolsas Cartuflex, mes de marzo 2018 .....	73
Tabla 18 Pruebas realizadas con bolsas Cartuflex, mes de abril 2018.....	76
Tabla 19 Costo de pruebas con bolsas Cartuflex, mes de abril 2018 .....	76
Tabla 20 Pruebas realizadas con bolsas Cartuflex, mes de mayo 2018.....	79
Tabla 21 Costo de pruebas con bolsas Cartuflex, mes de mayo 2018 .....	79
Tabla 22 Pruebas realizadas con bolsas Cartuflex, mes de junio 2018 .....	82
Tabla 23 Costo de pruebas con bolsas Cartuflex, mes de junio 2018 .....	82
Tabla 24 Costos de agentes y productos para voladura .....	85
Tabla 25 Resumen de costos por mes de aplicación.....	85
Tabla 26 Resumen de costos por mes de aplicación.....	87

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Variables de geometría de disparo en minería superficial	32
Figura 2 Bolsa Cartuflex	33
Figura 3 Uso de bolsas Cartuflex como cámaras de aire en los taladro	34
Figura 4 Reacción de dos componentes	37
Figura 5 Carguío de taladros con San-G®	38
Figura 6 Carguío de taladros con San-G® en terreno con agua	39
Figura 7 Formación de burbujas de la emulsión San-G®	40
Figura 8 Esponjamiento de la emulsión San-G®	40
Figura 10 Pruebas de esponjamiento de la densidad en campo	41
Figura 11 Influencia de la temperatura en el San-G®	42
Figura 12 Medición de taco final	43
Figura 13 Análisis de VOD para diferentes diámetros	43
Figura 14 Prueba de VOD en campo	44
Figura 15 Proceso de gasificación del camión fabrica	45
Figura 16 Costos de Proyectos volados 2006 al 2015	50
Figura 17 Proyectos volados 2006 al 2015	51
Figura 18 Plano de diseño topográfico nivel 3884	53
Figura 19 Plano de diseño topográfico final del nivel 3884	53
Figura 20 Perímetro de diseño para taladros de producción	54
Figura 21 Perímetro de diseño donde no se aplica bolsas Cartuflex	55
Figura 22 Calculo de carga explosiva producción 1	56
Figura 23 Bolsas Cartuflex y sus características principales	60
Figura 24 Resultados de fragmentación de mineral	64
Figura 25 Diseño de taladro con Cartuflex, 2018	65
Figura 26 Diseño de taladro sin Cartuflex, 2018	66
Figura 27 Pruebas ejecutadas Tal/p-Cartuflex, enero 2018- Proyecto Tantahuatay	67
Figura 28 Pruebas de Emulsión (kg) y Emulsión cart (kg), enero 2018	68
Figura 29 Resultados de fragmentación de mineral, enero, 2018	69
Figura 30 Pruebas ejecutadas Tal/p-Cartuflex, febrero 2018.	71
Figura 31 Pruebas de Emulsión (kg) y Emulsión Cart (kg), febrero 2018	71
Figura 32 Resultados de fragmentación de mineral febrero, 2018	72
Figura 33 Pruebas ejecutadas Tal/p-Cartuflex, marzo 2018	74
Figura 34 Pruebas de Emulsión (kg) y Emulsión Cart (kg), marzo 2018	74
Figura 35 Resultados de fragmentación de mineral marzo, 2018	75

Figura 36 Pruebas ejecutadas Tal/p-Cartuflex, abril 2018	77
Figura 37 Pruebas de Emulsión (kg) y Emulsión Cart (kg), abril 2018	77
Figura 38 Resultados de fragmentación de mineral abril, 2018	78
Figura 39 Pruebas ejecutadas Tal/p-Cartuflex, mayo 2018	80
Figura 40 Pruebas de Emulsión (kg) y Emulsión Cart (kg), mayo 2018	80
Figura 41 Resultados de fragmentación de mineral mayo, 2018	81
Figura 42 Pruebas ejecutadas Tal/p-Cartuflex, junio 2018	83
Figura 43 Pruebas de Emulsión (kg) y Emulsión Cart (kg), junio 2018	83
Figura 44 Resultados de fragmentación de mineral junio, 2018	84
Figura 45 Costos de San-G® por malla volada, 2018	86
Figura 46 Costos con Cartuflex y sin Cartuflex, 2018	87
Figura 47 Resumen de resultados totales con Cartuflex, 2018	88

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

### **1. Descripción de la realidad problemática**

En la actualidad las empresas mineras buscan optimizar y reducir sus costos dentro de sus operaciones, empleando diversos accesorios como agentes de voladura de alto potencial rompedor de las rocas, tales como las emulsiones que son agentes especiales para la voladura de rocas con el objetivo de tener una buena fragmentación del mineral.

En Australia, Estados Unidos y Rusia, son los países donde nace la emulsión como agente de voladura logrando su aplicación en diferentes lugares y países del sector minero en el año de 1997, desde el entonces se ha venido investigando y desarrollando mejoras con el agente explosivo, tales como el desarrollo de los anfos pesados, los heavy anfos entre otras emulsiones explosivas (Exsa, 2014).

En el Perú con el desarrollo de la minería se optó por el uso de las emulsiones gasificables para la voladura de rocas las cuales a través de muchas investigaciones realizadas y en algunos casos no logrando una buena fragmentación de mineral. Debido a las múltiples investigaciones, en julio del año del 2007, Famesa Explosivos S.A.C. y CIA Minera Santa

Rosa S.A. deciden el desarrollo de un agente de voladura en base a emulsión que no utilice Anfo ni Petróleo, que sea seguro para su transporte y que con ventajas tecno-económicas resulte aplicable a todos los tipos de roca de su mina, en la actualidad las empresa mineras en el Perú utilizan las emulsiones para la voladura de rocas en minería superficial ya que estas generan una mejor velocidad de detonación y no generan muchos gases contaminantes hacia el ambiente, pero sus costos si son incrementados. Solo el 65% de las empresas mineras con explotación a cielo abierto utilizan emulsiones como el San-G®, y otras empresas siguen usando los anfos, pero en cuanto a la utilización de las bolsas Cartuflex se utiliza solo en un 1.02%, como Cuajone, y entre otras empresas que vienen realizando pruebas con las mismas. La emulsión San-G® comenzó su aplicación en Perú, como una alternativa para prescindir del nitrato de amonio grado Anfo, en un tiempo en que el precio de esta materia alcanzó niveles muy altos. Por el registro de patentes y pruebas en otros países (Famesa, 2018).

El presente trabajo profesional se realizó en Minera Coimolache S.A Proyecto Tantahuatay, ubicado en la provincia de Hualgayoc a 85 km del departamento de Cajamarca, en el Tajo Tantahuatay II, en el *Área de Perforación y Voladura*, para el carguío de taladros donde no se utilizan las bolsas *Cartuflex como cámaras de aire en el fondo de los taladros*, lo que genera a la empresa mayor costo, si la empresa utilizaría generaría un ahorro económico en sus costos de compra de emulsión San-G®, haciendo una reducción de los costos por voladura realizada. Todo esto en cumplimiento al D.S. 023-2018-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería y el Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería D.S. O14-92 EM y las disposiciones legales para trabajar en un ambiente seguro de trabajo.

## **1.1 Delimitaciones de la investigación**

### **1.1.1 Delimitación espacial**

La presente investigación se ejecutó en el área de perforación y voladura, en el tajo Tantahuatay II del proyecto Tantahuatay, C.I.A. Minera Coimolache, Cajamarca Perú, en la comunidad del Tingo a 2 km de la provincia de Hualgayoc Departamento de Cajamarca.

### **1.1.2 Delimitación social**

El presente trabajo de investigación estuvo delimitado por la Empresa Minera Coimolache S.A.C. San Martín Contratistas Generales S.A. Empresa Gold Fields la Cima S.A, y la Compañía Minera San Nicolás S.A.

### **1.1.3 Delimitación temporal**

El presente trabajo de investigación se realizó desde el 09 de enero al 09 de junio de 2018.

### **1.1.4 Delimitación conceptual**

Las bolsas Cartuflex, son bolsas autoinflables diseñadas para ser usadas como cámaras de aire para reducir costos en perforación y voladura, su aplicación de las bolsas Cartuflex como cámaras de aire pueden ir al fondo del taladro, intermedio o superior de la carga del taladro. En cambio, el San-G®, es un agente de voladura formada por una solución microscópica oxidante dispersa en una fase combustible continua y estabilizada por un emulsificante. Con la no aplicación de carga explosiva San-G® en el fondo de los taladros redujera los costos de emulsión por la aplicación de las bolsas Cartuflex, teniendo los mismos parámetros de perforación y así mismo permitir una buena fragmentación del mineral entre otros factores más que ayudan a mejorar la producción. (Salgado, 2013).

## **1.2 Problemas de investigación**

### **1.2.1 Problema principal**

- ¿Cómo influye la aplicación de bolsas Cartuflex en los costos de emulsión San-G® en el área de perforación y voladura, Tantahuatay - Cajamarca 2018?

### **1.2.2 Problemas secundarios**

- ¿Cómo influye los costos de emulsión San-G® generados en la actualidad en el área de perforación y voladura, Tantahuatay - Cajamarca 2018?
- ¿Cómo influye los costos de emulsión San-G® generados después de aplicar las bolsas Cartuflex en el área de perforación y voladura, Tantahuatay - Cajamarca 2018?
- ¿Cómo influye el ahorro económico que se genera después de la aplicación de las bolsas Cartuflex en el área de perforación y voladura, Tantahuatay - Cajamarca 2018?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Realizar la aplicación de las bolsas Cartuflex en los costos de emulsión San-G® en el área de perforación y voladura, Tantahuatay - Cajamarca 2018.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Realizar la comparación de costos de emulsión San-G® generados en la actualidad en el área de perforación y voladura, Tantahuatay - Cajamarca 2018.
- Determinar los costos de emulsión San-G® generados después de aplicar las bolsas Cartuflex en el área de perforación y voladura Tantahuatay - Cajamarca 2018.
- Determinar el ahorro económico que genera, después de la aplicación de las bolsas Cartuflex en el área de perforación y voladura, Tantahuatay - Cajamarca 2018.

## **1.4 Hipótesis y variables de la investigación**

### **1.4.1 Hipótesis general**

- La aplicación de bolsas Cartuflex, influyen positivamente en un 91 % en los costos de emulsión San-G® en el área de perforación y voladura Tantahuatay - Cajamarca 2018.

### **1.4.2 Hipótesis secundarias**

- Los costos de emulsión San-G® generados en la actualidad, genera pérdidas económicas en el área de perforación y voladura, Tantahuatay - Cajamarca 2018.
- Los costos de emulsión San-G® generados después de aplicar las bolsas Cartuflex influyen positivamente, generando ahorro económico en el área de perforación y voladura Tantahuatay - Cajamarca 2018.
- El ahorro económico que se genera después de la aplicación de las bolsas Cartuflex influyen positivamente, generando ganancias económicas en un 91% en el área de perforación y voladura, Tantahuatay - Cajamarca 2018.

### **1.4.3 Variables de la investigación**

**Variable independiente:** Influencia de bolsas Cartuflex.

**Variable dependiente:** Costos de emulsión San-G®.

### 1.4.4 Operacionalización de las variables de la investigación

**Tabla 1** Operacionalización de las variables de investigación

OPERALIZACION DE VARIABLES				
VARIABLES	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
variable Independiente Influencia de bolsas Cartuflex	Son bolsas autoinflables que han sido diseñadas para ser usadas como cámaras de aire con la finalidad de reducir los costos de perforación y voladura.	Bolsas Cartuflex	Propiedades de las bolsas Cartuflex	Fc=m3/kg
		Aplicación de bolsas Cartuflex como cámara de aire.	Principio de acción de cámaras de aire	VOD
				m/s
variable Dependiente Costos de Emulsión San-G®	Es un agente de voladura formada por una solución microscópica oxidante dispersa en una fase combustible continua y estabilizada por un emulsificante	Emulsión San-G	Emulsión matriz gasificable	Densidad = g/cm <sup>3</sup> Viscosidad = cp
		Características técnicas del San-G	Sensibilizador N-20	Densidad = g/cm <sup>3</sup> Ph W = Kg/m
			Carguío de Taladros	
		Toma de densidades	Influencia de la temperatura	Grados Celsius = °c
			Curva de gasificación del San-G	% N-20
		Mezclador de a unidad fabrica	Calibración de camión fabrica	PLC = (kg)
Control de taco final	Metro = m			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

## **1.5 Metodología de la investigación**

### **1.5.1 Tipo y nivel de Investigación**

#### **a. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es cuantitativa según Sampieri, porque realizó un análisis de las operaciones de carguío de taladros y así mismo se evaluó su comportamiento frente a la aplicación de las bolsas Cartuflex.

#### **b. Nivel de investigación**

De acuerdo a la naturaleza del estudio en esta investigación reúne por su nivel las características de un estudio descriptivo y comparativo, porque describirá los sucesos y fenómenos que se aplicó en todo el proceso de carguío de taladros.

### **1.5.2 Método y diseño de la investigación**

#### **a. Método de la investigación**

El método que se utilizó en la presente tesis profesional fue de análisis, porque tiene varios pasos a seguir desde la observación del fenómeno a estudiar hasta la comprobación de la verdad de los enunciados. (Bacon, 2009)

#### **b. Diseño de la investigación**

El diseño utilizado fue no experimental, porque no se manipularon las variables, solo se observó el comportamiento para medir el efecto que tienen en otra variable de interés y los datos se comprobaron en campo. (Bernal, 2010)

### **1.5.3 Población y muestra de la investigación**

#### **a. Población**

Establecida por 7038 taladros entre enero y junio, en el proyecto Tantahuatay en Minera Coimolache durante el año 2018.

## b. Muestra

En el área de perforación y voladura proyecto Tantahuatay se tomó como muestra a 4324 taladros de producción, durante el periodo de enero a julio del 2018.

*Tabla 2 Muestra de estudio*

Mensual	Ener o	Febrer o	Marz o	Abri l	May o	Juni o
Prueba-mes 1	972	0	0	0	0	0
Prueba-mes 2	0	860	0	0	0	0
Prueba-mes 3	0	0	407	0	0	0
Prueba-mes 4	0	0	0	1014	0	0
Prueba-mes 5	0	0	0	0	479	0
Prueba-mes 6	0	0	0	0	0	592
Total taladros de pruebas			4324			

Fuente: Elaboración propia, 2018

## 1.5.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### a. Técnicas

Para la recolección de la información, las técnicas empleadas fueron: Observación Directa para identificar el área de estudio del terreno, hojas de reportes de carguío de taladros.

### b. Instrumentos

El instrumento que se empleó para el desarrollo del presente trabajo de investigación fue: el registro de datos de campo.

## 1.5.5 Justificación, importancia y limitaciones de la investigación

### a. Justificación

El presente trabajo de investigación se justifica porque las empresas Mineras buscan optimizar al 100% sus costos de perforación y voladura dentro de sus actividades, empleando accesorios y agentes de voladura, porque el incremento en el consumo de agentes explosivos, como emulsiones y anfos aumenta el costo de producción dentro de las operaciones

mineras. Para lo cual se plantea la aplicación de las bolsas Cartuflex (bolsa autoinflable) para ser usadas como cámaras de aire en fondo de taladros, mejorando la calidad de la fragmentación de mineral y ahorrando carga explosiva por taladro, dejando buenos resultados económicos para la empresa. (Salas, 2014)

Este accesorio de voladura, es un producto nuevo que recién está ingresando al mercado y solamente en una Unidad Minera (Cuajone) se han realizado pruebas, así mismo se pretende llegar a muchas operaciones Mineras de todo el País. A nivel de la región Cajamarca solo en dos Unidades Mineras en el caso de minera Yanacocha y minera Coimolache se realizan pruebas con bolsas Cartuflex.

Los resultados permitieron reducir los costos en el Área de Perforación y Voladura, para el carguío de taladros de producción en la Unidad Minera Coimolache S.A. proyecto Tantahuatay alcanzando la meta anual programada por la empresa para el año 2018. En cumplimiento al D.S. 023-17-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería y el Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería D.S. O14-92-EM y las disposiciones legales para trabajar en un ambiente seguro para la explotación de materiales no metálicos. Además, los aportes del presente trabajo de investigación servirán de guía para otros investigadores interesados en el tema de mejorar la productividad del proyecto Tantahuatay.

#### **b. Importancia**

La importancia del presente trabajo de investigación se orienta a la aplicación de las bolsas Cartuflex para reducir los costos en el área de perforación y voladura, como emulsiones o Anfos que se emplean en el carguío de taladros para la voladura de rocas.

Esto implica el ahorro económico generado por columna explosiva de carga al aplicar las bolsas Cartuflex, así mismo mejorando la calidad de la fragmentación del mineral en los procesos de carguío, acarreo y recuperación metalúrgica.

### **c. Limitaciones**

- Escasa información de pruebas del producto, como son las bolsas Cartuflex dentro de la empresa minera por ser un producto nuevo recientemente en el mercado.
- La investigación se limitó a la colocación de las bolsas Cartuflex como cámara de aire en roca dura porque se tendrían que variar sus parámetros de diseño.

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes de la investigación**

#### **2.1.1. A nivel Internacional**

Montiel (2014), realizó un estudio denominado. “Optimización del diseño de perforación y voladura aplicando cámara de aire con el explosivo fortis extra, Mina paso diablo, carbones del zulía S.A, Estado Zulia”, encontró que la fragmentación, no es la adecuada en algunos de los estratos volados, en particular en los estratos más duros, lo que trae como consecuencia baja productividad y disponibilidad mecánica de los equipos. Por lo que plantea la implementación de la cámara de aire lo que permite disminuir el factor de carga y las vibraciones disparadas son menores. Asimismo, el autor concluye que se debe de tener en consideración los tipos de rocas, para el lugar en donde se pretenda efectuar la cámara de aire es necesario realizar pruebas para establecer la altura óptima de la cámara de aire. El presente trabajo aporta a esta tesis dando una visión de la importancia de la cámara de aire en el proceso de perforación y voladura.

### 2.1.2. A nivel nacional

Ames Lara V, en el año 2013 realizó un estudio para optar por el título profesional de ingeniero de minas con la tesis denominado “Evaluación Técnica Económica del uso del San-G en Mina la Arena”, en este trabajo de investigación el autor encuentra que en esta empresa minera, no se obtiene una fragmentación adecuada de la roca con los explosivos utilizados.

Por lo que el autor propone utilizar la emulsión gasificada SANG-G, y para poder ver los resultados realiza una serie de pruebas para verificar de manera fehaciente el uso de esta emulsión. El autor concluye que usando la emulsión gasificada SAN-G, se obtuvieron mejores resultados en términos de fragmentación y uniformidad, el P80 disminuyó en un 15 a 20% comparado con los resultados de los análisis realizados en proyectos disparado con HA 45/55. Con un reemplazo del 100% de la nueva mezcla explosiva en Mina La Arena se llegaría a ahorrar hasta US\$ 300 000 anuales. Con el uso de SAN-G. Esta investigación es necesaria para la presente tesis ya que demuestra que el uso del SANG-G, se reduce los costos en la etapa de voladura y se obtiene buenos resultados.

Teves Rojas A, en el año 2014 en un estudio para optar el título profesional de ingeniero de minas, con la tesis titulada “evaluación técnico-económica-geológica de los resultados de las pruebas realizadas usando emulsiones gasificadas en Cuajone Southern Perú” en el trabajo de investigación el autor encuentra que las mezclas explosivas no fragmentaban la roca adecuadamente y había mucho consumo de carga explosiva, lo cual plantea que: Usando la emulsión gasificada en la mezcla AP-73Q, se obtuvieron mejores resultados en términos de fragmentación y uniformidad, el P80 disminuyó en un 21.5% comparado con los resultados de los análisis realizados en proyectos disparado con HA 45/55. Con un reemplazo del 100% de la nueva mezcla explosiva en Cuajone, se llegaría a ahorrar hasta US\$ 6´049,000 anuales. Para evitar el sobre

fracturamiento lateral o el back break de la roca remanente, se está usando el método de voladura controlada llamado pre corte.

Vilela Sangay W, en el año 2014 realizó un estudio para optar el título profesional de ingeniero de minas, con la tesis titulada “Análisis de factibilidad para el uso de anfo pesado a base de emulsión gasificable en minera Yanacocha” el autor encontró que los anfos pesados 46 y 64 generan muchos gases contaminantes y mala fragmentación, para esto el autor propone que: El uso de anfo pesado 73 gasificado, el cual logró mejores resultados que los anfos pesados 46 y 64 a base de emulsión matriz en el aspecto operativo, medioambiental, de seguridad y económico. En el aspecto operativo se determinó un incremento en el dig-rate de los equipos de minado en un rango de 3-23%, en seis de los nueve casos analizados con el uso de anfo pesado 73 gasificado. - Desde el punto de vista medioambiental y en términos de seguridad, se redujo significativamente la generación de humos nitrosos, los cuales generaban demoras operativas y significaban un riesgo para los trabajadores. Económicamente se demostró un ahorro promedio de \$8.0 por taladro en el reemplazo de anfo pesado 46 a base de emulsión matriz aplicado para material duro; y un promedio de \$14.5 por taladro para el reemplazo de anfo pesado 64 a base de emulsión matriz usado en taladros con agua.

### **2.1.3. A nivel local**

Pérez C, en el año 2016 realizó un estudio denominado “Reducción de las Vibraciones por Efectos de la voladura usando Cámaras de Aire en la Columna Explosiva, en Minera Corporación del Centro, La Libertad 2016”. El tesista encontró que uno de los problemas más frecuentes en esta empresa minera son las excesivas vibraciones durante la voladura. Por lo que este estudio propone realizar pruebas que contribuyan con datos prácticos, para generar nuevos métodos para el uso de cámaras de aire en esta empresa minera.

El autor concluye que con el uso de cámaras de aire en la columna explosiva reduce las vibraciones en un 37% frente a la voladura convencional que no utiliza cámaras de aire. Esta importante reducción de las vibraciones es fundamental porque evita la percepción de las comunidades aledañas sobre el daño de sus viviendas. Esto aporta con el presente trabajo ya que se busca mejorar el proceso de la voladura en la empresa minera en la que se realizó dicho trabajo de investigación.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Mecánica de rocas**

Mecánica de rocas es la ciencia teórica y aplicada que estudia el comportamiento mecánico de las rocas y de los macizos rocosos. Es la rama de la ingeniería dedicada al estudio de la respuesta de las rocas y macizos rocosos al campo de fuerzas que actúan en su entorno así definida esta disciplina es básica para la minería por realizar excavaciones ya que modifica los campos de fuerza en el entorno físico de las rocas. (Ramírez & Alegano, 2014)

#### **a. Resistencia dinámica de la roca**

Las resistencias estáticas a compresión y a tracción se utilizaron en su principio como parámetros indicativos de la aptitud de la roca a la voladura, las resistencias dinámicas, ya que estas aumentan con el índice de carga, cuando la intensidad de onda de choque supera a la resistencia dinámica a la compresión se produce una trituración de la roca circundante a las paredes del barreno por colapso de las estructuras intercristalinas, tal como se muestra en el siguiente cuadro. (López, 2015)

**Tabla 3.**  
Índice de calidad de la roca

Clasificación	Dureza	Resistencia a la Compresión (MPa)
Muy dura	7	200
Dura	6 a 7	120 a 200
Media dura	4 a 6	60 a 120
Media blanda	3 a 5	30 a 60
Blanda	2 a 3	10 a 30
Muy blanda	1 a 2	10

**Fuente:** Manual de perforación y voladura de López Gimeno.

#### b. Propiedades físicas del macizo rocoso

Las propiedades físicas del macizo rocoso son la base principal para elegir los parámetros de perforación y voladura, para esto se aplica la escala de Mohs determinando sus grados de dureza, tenacidad, densidad, textura, porosidad, variabilidad de los tipos de rocas mineralizadas, a partir de estos datos se toman criterios de diseños de mallas de perforación dependiendo al tipo de roca ya sea suave, dura y muy dura, a continuación se muestran las características físicas de las rocas de las cuales depende mucho la toma de decisiones dentro de los proyectos mineros ( Ver Tabla, 9).

**Tabla 4.**  
Propiedades del macizo rocoso

P.FISICAS	Características
Dureza	Indica aproximadamente la dificultad de perforarla.
Tenacidad	Indica la facilidad o dificultad de romperse bajo el efecto de fuerzas de compresión, tensión e impacto.
Densidad	Rocas densas requieren explosivos densos para romperse
Textura	Grado de cementación o cohesión, también relacionada con su facilidad de rotura.
Porosidad	Proporción de poros u oquedades y su capacidad de captar agua.
Variabilidad	Las rocas no son homogéneas en su composición y textura. Tienen un alto índice de anisotropía o heterogeneidad.

**Fuente:** (López, 2013)

**c. Grado de alteración**

Deterioro producido por efecto del intemperismo y aguas freáticas, además de fenómenos geológicos que las modifican o transforman (Alonso, 2013).

**d. Resistencia de la roca**

Si la roca es muy dura la profundidad de los taladros será limitada, ésta es en parte cierto, pero sería necesario utilizar explosivo de alto poder rompedor en cantidad necesaria, para lograr buenos avances.

**e. Espaciamiento de juntas**

Un material rocoso de alta resistencia de 100 a 200 MPa, que esté muy fracturado con un espaciamiento de juntas de 5 cm, corresponde a un macizo rocoso débil. A continuación se presenta la clasificación de los macizos rocosos. En lo referencial espaciamiento de juntas, que es la que recomienda utilizar en la clasificación geomecánica de Bieniawski. (Bieniawski, 1989)

**Tabla 5.**  
Características del macizo rocoso

<b>Descripción del espaciamiento</b>	<b>Espacio de juntas</b>	<b>Tipo de macizo Rocosos</b>
Muy ancho	> 3 m	Sólido
Ancho	1 – 3 m	Masivo
Moderadamente Cerrado	0.3 – 1 m	En bloques
Muy cerrado	50 - 300	Fracturado
	< 50 mm	Machacado

**Fuente:** Manual de perforación y voladura de López Gimeno

**2.2.2. Perforación de rocas en minería superficial**

La perforación es la primera operación en la preparación de una voladura. (Karlinski, 2014). Esta operación es necesaria para lograr el confinamiento del explosivo y aprovechar mejor las fuerzas expansivas.

#### **a. Proceso de fracturamiento**

El proceso ocurre en varias etapas o fases que se desarrollan en un tiempo corto de pocos milisegundos, durante el cual ocurre la completa detonación de una carga confinada, comprendiendo desde el inicio de la fragmentación hasta el total desplazamiento del material volado, estas etapas son:

- Detonación del explosivo y generación de la onda de choque.
- Transferencia de la onda de choque a la masa de la roca iniciando su agrietamiento.
- Generación y expansión de gases a alta presión y temperatura que provocan el fracturamiento y movimiento de la roca.
- Desplazamiento de la masa de roca triturada para formar la pila de escombros o detritos.

#### **b. Perforación de rocas**

La perforación es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos oblastholes. Dentro de este campo existe dos métodos de mecanismo de perforación los métodos rotativos y rotopercutivos. (Hernandez, 2012)

#### **c. Velocidad de rotación (rpm)**

La rotación es la que hace girar la boca entre impactos sucesivos, tiene como misión hacer que esta actúe sobre puntos distintos de la roca en el fondo del barreno. En cada tipo de roca existe una velocidad óptima de rotación para la cual se produce el detritus de mayor tamaño al aprovechar la superficie libre del hueco que se crea en cada impacto. (López, 2014)

#### d. Velocidad de penetración

La velocidad de penetración depende de muchos factores extremos, tales como: características geológicas, propiedades físicas de las rocas. Existen dos procedimientos para la determinación de la velocidad de penetración:

- Recopilación de las muestras representativas.
- Cálculo de la velocidad de penetración.

Por lo tanto el control de la velocidad de penetración del tricono en base a la siguiente expresión matemáticamente dada:

$$VP = RT/HE$$

**Dónde:**

**VP** = Velocidad de penetración (m/h)

**RT** = Recorrido del tricono (m)

**HE** = Horas efectivas perforadas

#### e. Fuerza de empuje (pulldown)

La fuerza de empuje que es necesario aplicar, aumenta directamente con la dureza de la roca y debe alcanzar una magnitud suficiente para alcanzar su resistencia a la compresión. El empuje vertical o pulldown debe aplicarse en una roca cuya resistencia a la compresión uní-axial está en un rango de 140 a 250 MPa. Este es un parámetro importante que nos ayuda a elegir el diámetro de perforación por que establece una relación entre el diámetro y la resistencia a la compresión uní-axial de la roca.

$$\text{Empuje (Pulldown) } P = (D \times C) / 5$$

**Dónde:**

P: Empuje Vertical (Libras)

D: Diámetro de la broca (pulgadas)

C: Resistencia uní-axial de la Roca (psi)

Valores de empuje para diferentes diámetros de perforación.

#### f. Variables de la geometría del disparo

Las condiciones particulares de cada macizo rocoso determinan los detalles del diseño de voladura. Las dimensiones principales son el burden y el espaciamiento. Las variables de diseño de voladura descritas anteriormente, son las que se utilizan como variables de entrada en el algoritmo para el diseño de la operación de perforación y voladura. Dichas variables nos permiten obtener como resultado, parámetros fundamentales como el burden (B), espaciamiento (E), altura de banco (H), taco (T), sobre perforación (SP), volumen de carga (VC), factor de carga (PF), entre otras, que influyen directamente en la ejecución de la voladura en minería de superficie. (Salas, 2016)

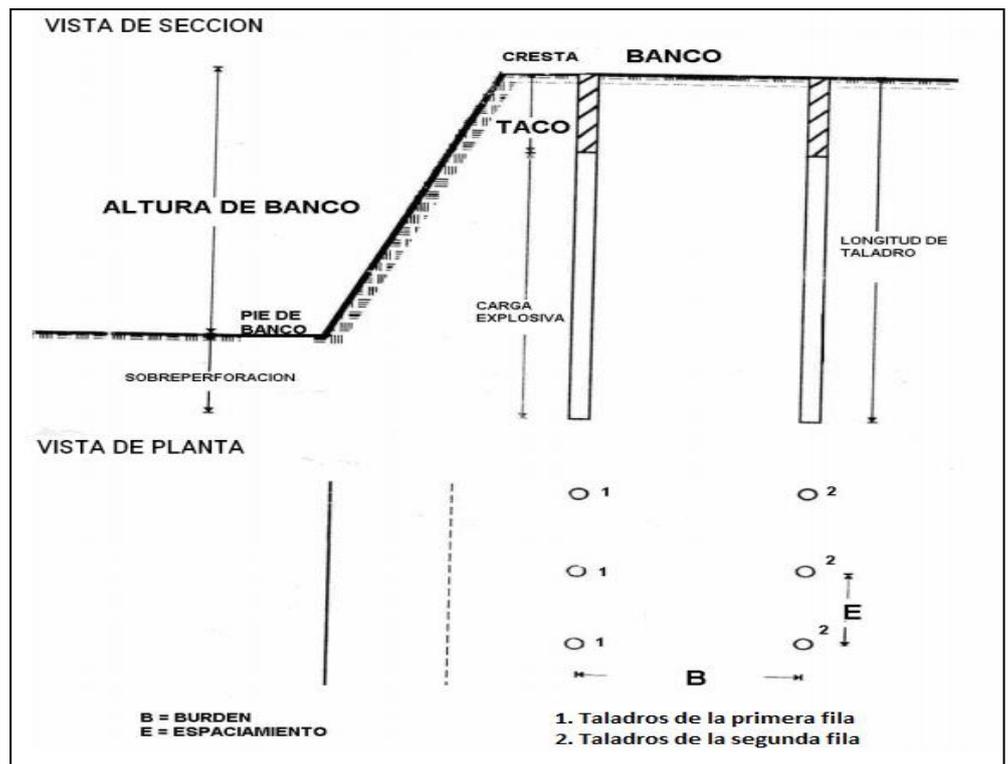
**Tabla 6.**  
Variables de diseño de disparo

Variables	Características
Burden	Distancia perpendicular desde un taladro hasta la superficie libre más cercana en el momento de la detonación.
Espaciamiento	Distancia entre taladros y cargas en una fila. (Lara, 2008)
Altura de banco	La altura de banco debe ser por lo menos igual a la distancia del burden y a lo más dos veces el burden. (Lara, 2008)
sobre perforación	Se perfora debajo del nivel del piso para asegurar que la cara completa de la roca sea removida hasta los límites deseados de la excavación
El taco	Es la distancia entre la boca del taladro hasta la parte superior de la columna explosiva debe ser llenada con material estéril, para dar confinamiento a los gases de la explosión y reducir el chorro de aire (air blast). (Lara, 2008)

Fuente: (López, 2013)

#### g. Diseño de la geometría de disparo

Se puede evidenciar los parámetros usados en las dos vistas, para diseñar la geometría del disparo como se muestra en la siguiente figura.



**Figura. 1.** Variables de geometría de disparo en minería superficial.  
**Fuente:** (López, 2013)

### 2.2.3. Bolsas Cartuflex

Las bolsas Cartuflex sirven para ser utilizadas como cámaras de aire de menor costo para poder salvaguardar y reducir costos en perforación y voladura. Las bolsas autoinflables son una herramienta que puede ayudar a reducir la creación de finos alrededor de los taladros y limitando el empuje del explosivo al crear cámaras de aire dentro de los taladros sin ocupar este espacio por taco inerte, evitando la acción de onda de choque por detonación sobre la roca, pero permite la acción de los gases de voladura. (Cartuflex S.A.C, .2018)



**Figura 2. Bolsa Cartuflex**  
**Fuente:** Cartuflex S.A

### a. Propiedades de fabricación de las bolsas Cartuflex

Las bolsas autoinflables al ser un producto nuevo que esta recientemente en el mercado, tienen resultados muy positivos dentro de la producción minera, ya que al funcionar como cámara de aire interna en los taladros esta hace que los resultados de la fragmentación del mineral sean óptimos. Las bolsas Cartuflex presentan las siguientes propiedades:

**Tabla 73.**

Propiedades de las bolsas Cartuflex

<i>Propiedades de las bolsas Cartuflex</i>	
-	Fabricado con lámina de barrera de 7 capas, para que el producto reaccione al 100%.
-	El producto tiene un sellado de alta frecuencia
-	El gas del producto tiene una resistencia por un periodo de 30 días dentro del taladro, manteniendo el diámetro y su efectividad.
-	La altura de la bolsa Cartuflex Blocker Hole es de 0.50 m
-	Alta resistencia a la abrasión, rasgado y rotura de la bolsa Cartuflex.

**Fuente:** Cartuflex S.A.C, 2018

### b. Objetivo de las bolsas Cartuflex en minería.

Las bolsas Cartuflex tienen como objetivo brindar resultados muy significativos dentro de la operación minera, en la optimización de costos en la voladura, tales como:

- Optimización del proceso de perforación y voladura.
- Aumentar las fuerzas tensionales del taladro.
- Reducir el consumo de explosivos (factor de carga).

- Disminuir las vibraciones.
- Reducir los fly rock y las ondas aéreas.
- Mejorar la fragmentación.
- Disminuir o eliminar la sobre perforación.

**c. Aplicación de las bolsas como cámaras de aire**

Las bolsas *Cartuflex*, pueden ser ubicadas en la parte superior, media o inferior del taladro de la carga explosiva dependiendo del propósito, puede ubicarse también 02 cámaras de aire en un solo taladro. Puede ocupar hasta el 40% por volumen del total de la columna explosiva, tal como se muestra en la siguiente figura (ver figura 3). (Cartuflex S.A.C, 2018)

**Tabla 8.**

Usos de las bolsas Cartuflex

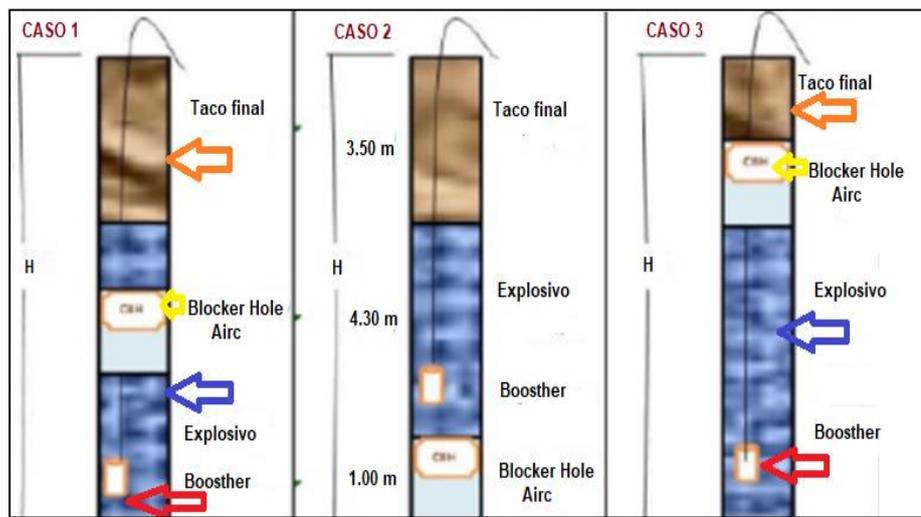
**Usos de Cartuflex Blocker Hole**

Caso 1: El Cartuflex sirve para generar cámara de aire intermedia del taladro de carguío.

Caso 2. También sirve para generar cámara de aire en el piso o fondo del taladro (sobre perforación del taladro).

Caso 3. Así mismo para generar cámara de aire en el nivel superior del taladro de carguío.

**Fuente:** Cartuflex S.A.C, 2018.



**Figura 3.** Uso de bolsas Cartuflex como cámaras de aire en los taladro

**Fuente:** Cartuflex S.A.C.

**d. Cartuflex como cámara de aire en fondo de taladro**

Las bolsas *Cartuflex* al ser colocadas como cámara de aire en la parte inferior del taladro, esta transforma la voladura tradicional compresiva en una nueva técnica de voladura tensional. Los principales resultados son:

**Tabla 9.**

Beneficios de las bolsas *Cartuflex* como cámara de aire inferior

Características
Aumento de la presión del taladro con la zona de la cámara (2 a 7 veces).
Se transforma la energía potencial de aire en energía cinética.
Se reduce el factor de carga.
Se disminuye las vibraciones (30% menor).
Se reduce fly rock.
Se disminuye la onda aérea.
La fragmentación resultante es más homogénea y de menor granulometría.

Fuente: *Cartuflex S.A.C*, 2018

**e. Principio de acción de las cámaras de aire**

Las cámaras de aire incrementan la duración de las de las ondas de choque en el fondo de los taladros. Con el uso de las cámaras de aire la tensión máxima aplicada sobre la roca que la rodea es menor que la tensión extrema aplicada por el explosivo en columnas continuas, así mismo en presencia de agua los resultados del uso de las cámaras de aire son óptimos, por cuanto el agua es un excelente conductor de las ondas de choque.

**f. Modo de uso de las bolsas *Cartuflex* en los taladros**

Las bolsas *Cartuflex* son de fácil accionamiento, la cual se lo hacen aplicando un golpe con el puño de la mano y soltando de la cuerda al fondo del taladro, hasta jalar y comprobar que la bolsa ha hecho presión en el fondo del taladro. Las bolsas *Cartuflex Blocker Hole* están debidamente certificadas por la Universidad Nacional de Ingeniería cumpliendo con las normativas de calidad 9001.

#### **2.2.4. Emulsión San-G®**

Es un agente de voladura gasificable formada por una solución microscópica oxidante dispersa en una fase combustible continua y estabilizada por un emulsificante. (Famesa, 2018).

El San-G®, como mezcla explosiva presenta las siguientes características principales:

- Una densidad que se puede modificar en función al tipo de roca que se presenta en la zona mineralizada.
- Una alta velocidad de detonación (VOD) de 4.600 a 5.500 m/s.
- Muy resistente al agua.
- Elevada viscosidad.
- Totalmente segura cuando es sensibilizada.

##### **a. Emulsión matriz gasificable**

La emulsión explosiva es del tipo de agua y aceite compuesta por una fase oxidante (sales de nitrato) y otra fase combustible. Químicamente, está formulada para reaccionar con nitrito de sodio, que es el agente gasificante. Y físicamente está preparada para retener burbujas de gas dentro de su masa. Dentro de sus propiedades del San-G, para que su densidad sea gasificable debe de estar entre los 1.38 g/cm<sup>3</sup> y en su densidad común de 1.34 g/cm<sup>3</sup>, así mismo su viscosidad debe de estar en 150.000 cp para que sea gasificable y 90.000 cp en su estado común. (Villanueva, 2015)

##### **b. Sensibilizador N-20**

Al mezclarse el sensibilizador con la matriz oxidante, en contados minutos se produce una reacción química, formándose burbujas de nitrógeno, convirtiendo la San- G® en explosivo y reduciendo su densidad. El tamaño y distribución de dichas burbujas determinan la velocidad de detonación del agente. Las propiedades de la solución sensibilizante N-20 se

tiene que su densidad es de 1.12 g/cm<sup>3</sup> con un ph de grado 5. (Villanueva, 2015).

Así mismo la solución Acuosa de sales de nitrito de sodio. Que en contacto con la matriz gasificable da lugar de inmediato a una reacción química que produce gas nitrógeno N<sub>2</sub>. Debe almacenarse bajo sombra a temperatura ambiente (28°C). (Villanueva, 2015)

### c. Reacción de dos componentes

La emulsión matriz gasificable se combina con una solución gasificante dentro de un mezclador, el producto es la emulsión gasificada que se introduce al taladro de voladura (Ver Anexo 10). Por lo tanto para llegar al resultado o la combinación de la emulsión matriz, se esquematiza de la siguiente manera. (Villanueva, 2015)

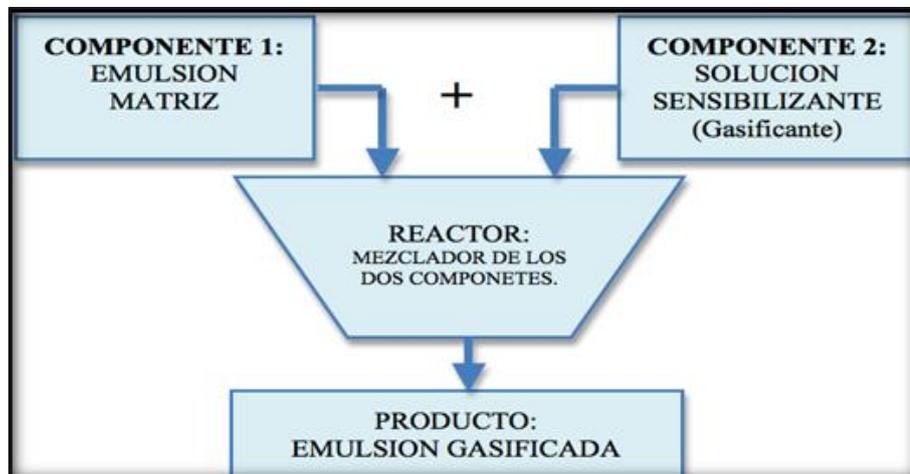


Figura 4. Reacción de dos componentes  
Fuente: Famesa Explosivos, S.A.C.

### d. Características técnicas de la Emulsión San-G®

Los aspectos más relevantes en comparación con el anfo y anfo pesado son: 1º Alta velocidad de detonación, del orden de 5600 m/s. 2º Amplio rango de densidad, desde 0.80 hasta 1.20 g/cm<sup>3</sup>. Adecuado balance de oxígeno y no producción de gases nitrosos de detonación. Su manejo en campo requiere el aprendizaje de nuevos conceptos, procedimientos y prácticas

de control constante. Las características técnicas de la emulsión matriz San-G® son las siguientes:

**Tabla 10.**  
Características Técnicas del San-G

Características Técnicas del San-G	
Parámetros	Valores
Densidad relativa de la matriz	1.38 g/cm <sup>3</sup>
Densidad de la matriz sensibilizante	0.90- 1.20 g/cm <sup>3</sup>
Viscosidad (brookfield ha dvll a 50 rpm)	14,000 Cp
velocidad de detonación	4.600 - m/s
Presión de detonación	47.6 - 101.1 kbar
Energía	610 kcal/kg
Volumen normal de gases	1.020 L/kg
Potencia relativa en peso	0.70%
Potencia relativa en volumen	1.02%
Resistencia al agua	Excelente
Categorías de humos	Primera

**Fuente:** Famesa Explosivos S.A.C, 2018.

#### e. Carguío de taladros con San-G®

En taladros secos se deja caer el explosivo desde la boca del taladro. El flujo de San-G® cae axialmente hasta el fondo del taladro, de tal forma que no se descostren las paredes y provoque la contaminación del explosivo. (Villanueva, 2014).



**Figura 5.** Carguío de taladros con San-G®

**Fuente:** (Famesa, 2018)

#### f. Carguío de taladros en terrenos con agua

El San-G® como toda emulsión es totalmente resistente al agua. La práctica es usar la manguera enrollada; introducir la

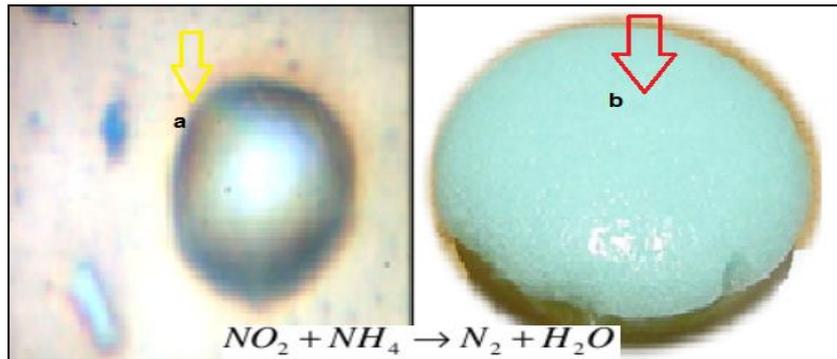
boquilla hasta el fondo del taladro y cargar al mismo tiempo que se va retrayendo si separar la boquilla de la masa de emulsión. De esta manera el agua se va desplazando hacia arriba por la fuerza de presión durante el llenado desde abajo. Aunque se cargue con una densidad menor a la del agua ( $0.9\text{g/cm}^3$ ), la San-G® permanece inalterado. Esto debido a la presión de bombeo, cohesión y tensión superficial del San-G® (Villanueva, 2014)



**Figura 6.** Carguío de taladros con San-G® en terreno con agua  
**Fuente:** (Famesa, 2018)

**g. Proceso de formación de burbujas del San-G**

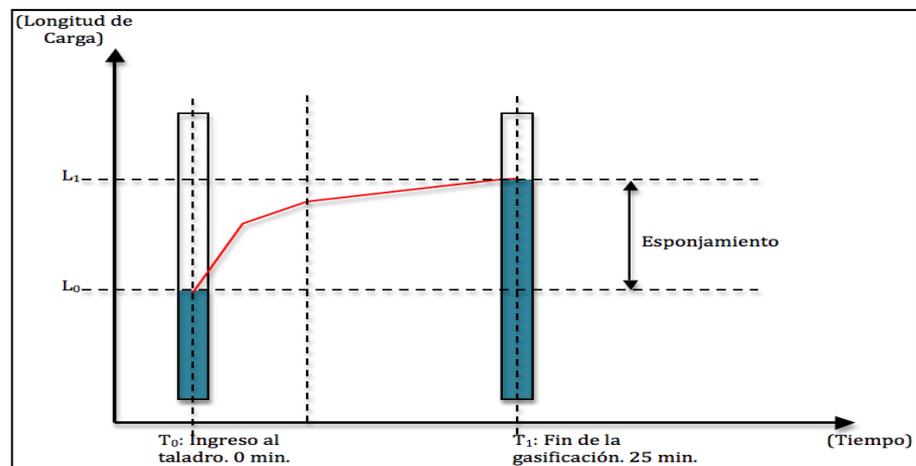
El nitrito de sodio reacciona con el nitrato de amonio que compone la emulsión, para formar el gas nitrógeno. La rápida producción de burbujas de nitrógeno, se conoce como proceso de gasificación. Es una reacción exotérmica, cuya rapidez depende fuertemente de la temperatura, el ph, la concentración de nitrato, la viscosidad de la emulsión y la homogenización, el resultado de la reacción son las burbujas de nitrógeno que quedan en la masa de la emulsión. (Villanueva, 2014).



**Figura 7.** Formación de burbujas de la emulsión San-G®  
**Fuente:** Famesa Explosivos, S.A.C.

#### h. Esponjamiento del San-G en taladros cargados

La gasificación reduce la densidad pero aumenta el volumen de la San-G®, a este aumento de volumen se le conoce como esponjamiento y se calcula según la densidad del explosivo y las condiciones del terreno a volar.



**Figura 8.** Esponjamiento de la emulsión San-G®  
**Fuente:** Famesa Explosivos, S.A.C.

#### i. Toma de densidades en el carguío de taladros

Después de haberse iniciado el carguío de los 2 o los 3 primeros taladros de la malla, se procede a la toma de las densidades del San-G® con la finalidad de evaluar y controlar la densidad requerida para el carguío.

La densidad de la emulsión San-G®, se toma cada 05 minutos en un periodo de 15 minutos evidenciándose el esponjamiento al sobrepasar el volumen del vaso de medición o recipiente que lo contiene, tal como se muestra en la figura siguiente. (Huangal, 2013)



**Figura 9.** Pruebas de esponjamiento de la densidad en campo.  
**Fuente:** Famesa Explosivos, 2018

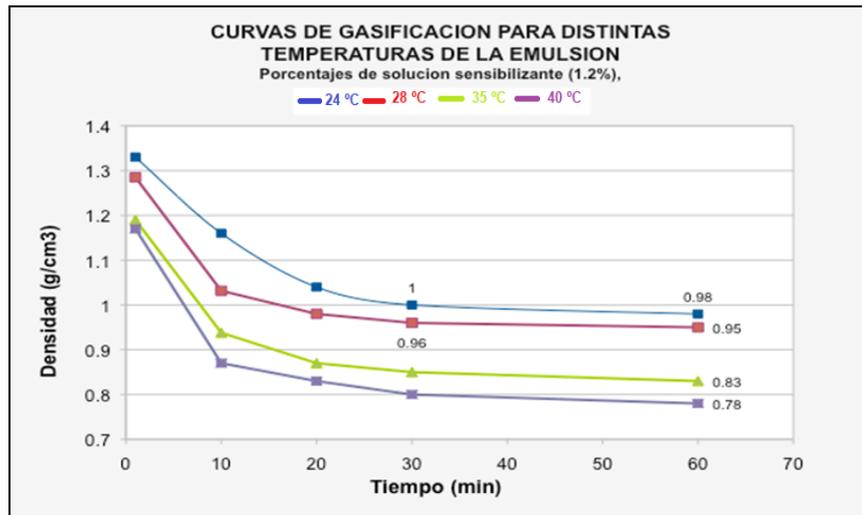
La densidad está en función a la temperatura y concentración de sensibilizante N20, con la cual podemos regular hasta obtener una densidad apropiada para el tipo de dureza de roca que tenemos presente en el terreno.

#### **j. Influencia del N-20**

Si aumentamos la cantidad de sensibilizante N-20, será mayor la producción de burbujas, la gasificación será más rápida y la densidad final será menor. (Villanueva, 2014)

#### **k. Influencia de la temperatura**

Un aumento en la temperatura incrementa la producción de burbujas, la gasificación es más rápida y la densidad tarda en estabilizarse en un valor final. Se considera como temperatura normal de trabajo de 0°C a 40°C y 1.38 g/cm<sup>3</sup>. (Huangal, 2013)

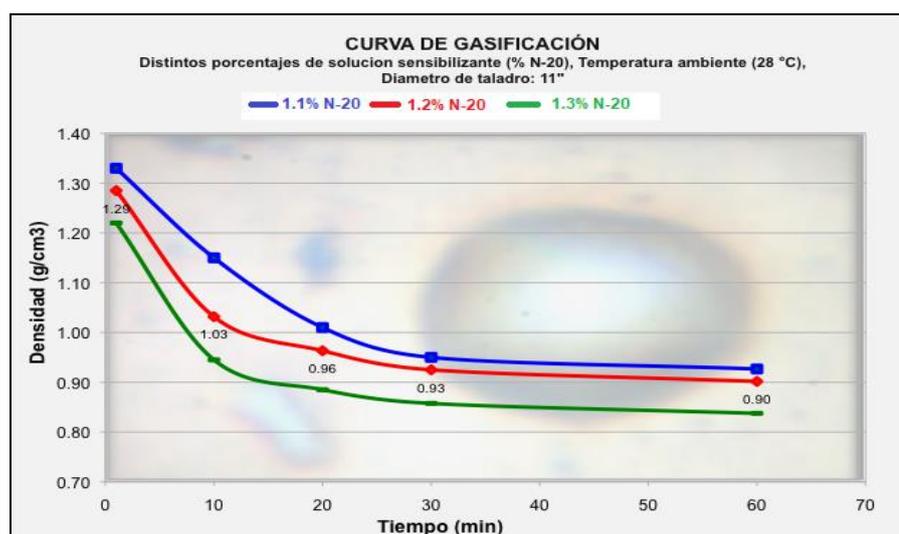


**Figura 101.** Influencia de la temperatura en el San-G®  
**Fuente:** Famesa Explosivos, S.A.C

La densidad está en función a la temperatura y concentración de sensibilizante N-20, con el cual podemos regular hasta obtener una densidad apropiada para el tipo de roca que se tiene presente en el terreno. (Huangal, 2013).

### I. Curva de gasificación

Durante la gasificación se va reduciendo la densidad de la emulsión, hasta llegar a estabilizarse en un valor más o menos constante o al valor deseado, con el cual se desea trabajar.



**Figura 11.** Curva de gasificación del San-G® en función al tiempo  
**Fuente:** (Famesa, 2018)

### m. Control de taco final

Pasados los 30 minutos, se comprueba que el San-G® a esponjado llegando a su taco final de diseño, se debe comprobar taladro por taladro el taco y proceder al tapado. Si ha hecho un correcto cálculo de carga la variación puede ser del 10%, sin afectar las condiciones de diseño de los taladros. (Villanueva, 2014).



Figura 12. Medición de taco final  
Fuente: (Famesa, 2015)

### n. Análisis de velocidad de detonación (VOD)

Se han registrado y analizado estadísticamente muchas mediciones de la velocidad de detonación, teniendo valores máximos alrededor de 5600 m/s; realizadas en 4 diferentes diámetros de taladro, como se ve, para densidades mayores a 1.0 g/m<sup>3</sup> no se tiene una diferencia significativa en la VOD.

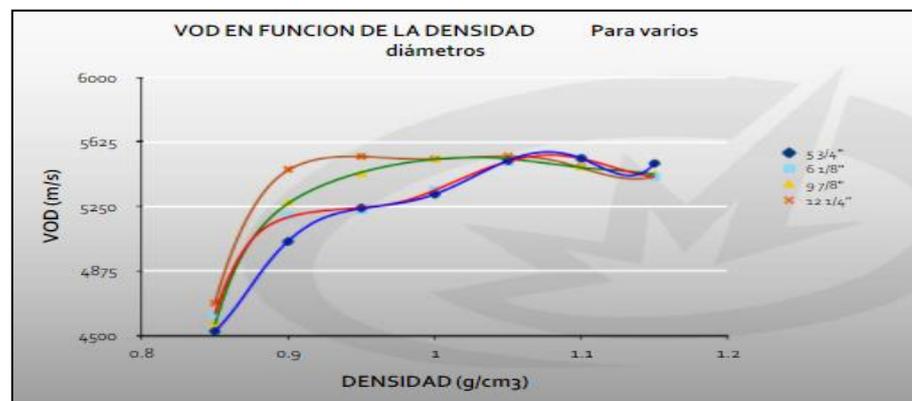


Figura 13. Análisis de VOD para diferentes diámetros  
Fuente: (Villanueva, 2014)

La máxima VOD de la San-G® se da cuando su densidad esta alrededor de 1.0 g/cm<sup>3</sup>. El San-G® no es un explosivo compacto y a medida que aumenta su densidad dentro del taladro puede disminuir su sensibilidad. Esto se comprueba en el fondo del taladro donde la densidad aumenta debido a la compresibilidad, produciendo un efecto de intensidad en el fondo.

Cuando la sensibilidad es buena en el fondo del taladro, en esta zona se tiene un VOD del orden de 5900 m/s, la cual va disminuyendo a lo largo de la columna explosiva hasta 5200 m/s en la parte superior. Se pueden ver pocas inferencias o perturbaciones en el progreso de la detonación, debido a que el San-G® es más que una mezcla, una sustancia homogénea.

Por un lado, a medida que aumenta la densidad, se tiene más energía por unidad de masa contenida en el taladro. Por otro lado, a medida que aumenta el VOD, es mayor la presión y trabajo sobre el medio rocoso. En consecuencia, la energía útil se puede relacionar directamente proporcional a la densidad y al cuadrado de la VOD. (Villanueva, 2014)



**Figura 14.** Prueba de VOD en campo  
**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

**o. Esquema del mezclador de la unidad fabrica**

La emulsión matriz es bombeada hacia un mezclador estático donde entra en contacto con el sensibilizante N-20 e inicia la gasificación, al final del mezclador del camión fábrica puede agregarse agua al flujo para reducir la fricción de bombeo. Finalmente la San-G® sale mediante una manguera desenrollada hacia el fondo del taladro o mediante un brazo hacia la boca del pozo (Villanueva, 2014)



**Figura 15.** Proceso de gasificación del camión fabrica  
**Fuente:** Famesa Explosivos, S.A.C

**p. Calibración de camión fabrica**

Las calibraciones del camión fábrica se realizan pesando la cantidad de San-G® descargada, se calibra la unidad, con la finalidad de comprobar que los kg de San -G® programados en el PLC correspondan a la cantidad de producto que se vierte a los taladros. De acuerdo a la temperatura de la emulsión matriz se programa el porcentaje de solución sensibilizante (N-20).

#### q. **Traslado y almacenamiento del San-G® y N-20**

La emulsión matriz gasificable se transporta en cisternas de 25 toneladas o 30 toneladas, una vez en la operación, en el polvorín de agentes de voladura se bombea para llenar los silos de 60 toneladas. Finalmente el camión fábrica el cual llevara al campo de carguío de taladros se abastece por gravedad en la parte inferior de los silos. El tiempo máximo de permanencia de la emulsión en los silos no debe ser mayor a 75 días (2.5 meses).

En cambio el N-20 se transporta y almacena en cilindros de plástico de 200 Kg y mediante una bomba se trasiega al depósito de solución sensibilizante del camión fábrica. (Villanueva, 2015)

#### **2.2.5. Marco legal de minería**

De acuerdo a la ley N° 29783 Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo y D.S.005-012-TR MTPE. Establece las normativas de calidad con las que se deben de trabajar dentro de la operación minera, el cual en sus Art. 267 al 270 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, D.S.N° 023-2018-EM, decreta los procesos que se deben de realizar de inicio a fin dentro de las actividades de perforación y voladura. Haciendo que sea un proceso eficiente en la operación Minera. Todo estos lineamientos últimamente modificados por el D.S.N° 023-EM del 17 de setiembre del 2018.

#### **2.3. Definiciones términos básicos**

**San-G:** Es una solución gasificable formada por una solución microscópica oxidante dispersa en una fase combustible continua y estabilizada por un emulsificante. Con una alta velocidad de detonación y resistencia al agua. (Exsa,2016).

**Cámara de aire:** Es un espacio de aire que se genera por medio del “taponamiento” del taladro con un accesorio especial, el cual se ubica convenientemente dentro del taladro de la voladura. La cámara de aire

puede ser ya sea en la parte superior después de la carga explosiva, media o inferior del taladro. (Cartuflex, 2018)

**Emanaciones:** La detonación de explosivos comerciales produce vapor de agua, dióxido de carbono y nitrógeno, los cuales, aunque no son tóxicos, forman gases asfixiantes como monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno. (Exsa, 2015)

**Perforación:** es una actividad unitaria que se realiza dentro de las operaciones mineras a cielo abierto y subterráneas. También es realizar un hoyo o un agujero sobre una superficie rocosa, con una broca accionado por un equipo pesado. (manual de perforación y voladura, 2012)

**Emulsiones:** son el resultado de emulsionar sustancias inmiscibles, como nitrato de amonio diluido en agua y algún ácido graso. El resultado son pequeñas gotas de nitrato de amonio diluido rodeadas por el ácido graso. (Famesa, 2016)

**Sensitividad:** es la cantidad de energía que un explosivo requiere para detonar confiablemente. Esto es conocido en ocasiones como los requerimientos mínimos de cebado. (Glosario técnico, 2014)

**Factor de potencia:** es el factor de carga entre la densidad de la roca o dicho la cantidad de explosivo entre el volumen total de roca a volar. (Villanueva, 2016)

## **CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

### **3.1. Análisis de tablas y gráficos**

El presente trabajo profesional, se ejecutó en la empresa Tantahuatay Cia Minera Coimolache, dedicada a producir oro y plata de alta ley, en el Área de Operaciones de Carguío y Acarreo, ubicada en Hualgayoc, departamento de Cajamarca, con la finalidad de emplear bolsas Cartúflex en el fondo de los taladros para ahorrar carga explosiva San-G® de 1m por taladro y generar mejor disipación de hondas explosivas, así como también mejorar fragmentación del mineral, disminuir las vibraciones dentro del área de influencia del proyecto, obteniendo reducción de costos de emulsión San-G® y optimizar la producción en el Área de Operaciones, desde el 09 de enero al 09 de junio de 2018.

Los resultados permitieron seleccionar la mejor opción de eficiencia en cumplimiento con lo proyectado en el Plan de Minado de la empresa para el año 2018, en la Unidad Minera Coimolache S.A acorde a lo establecido en la Ley N° 29783 Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo y su Decreto Supremo N° 005-2012-TR, así como también el nuevo Reglamento de

Seguridad y Salud Ocupacional en Minería Decreto Supremo N° 023-2018-EM.

**El presente trabajo muestra los resultados obtenidos durante el periodo de estudios como se detalla:**

Durante la ejecución del periodo de estudios, desde el 09 de enero al 09 de junio de 2018, en el Área de Operaciones de Carguío y Acarreo, Tantahuatay Cía. Minera Coimolache, se realizaron 42 mediciones del proceso de producción dentro de las mallas de perforación teniendo en cuenta el siguiente cronograma de ejecución:

**Tabla 11.**  
Cronograma de actividades

Fase I: Reconocimiento del entorno y selección de las zonas a muestrear en el área de Perforación y Voladura, Proyecto Tantahuatay Cia Minera Coimolache, 2018							
	L	M	M	J	V	S	D
Enero	2	3	4	5	6	7	1
	9-P1	10	11	12	13-P1	14	8
	16-P1	17	18-P1	19	20-P1	21-P1	15
	23	24-P1	25	26	27-P1	28	22
							29-P1
<b>Fase II: Recolección de las muestras de las pruebas de campo</b>							
Febrero	L	M	M	J	V	S	D
	6	7-P1	8	2-P2	3	4-P1	5-P1
	13	14	15	9	10	11-P1	12
	20	21-P1	22	16	17	18	19
	27-P1	28	29	23	24	25-P1	26
<b>Fase III: Toma de muestras en campo</b>							
Marzo	L	M	M	J	V	S	D
	6-P1	7	8	2	3-P1	4	5
	13	14	15	9	10-P1	11	12
	20-P1	21	22	16	17-P1	18	19
	27	28	29	23	24	25	26
<b>Fase IV: Toma de muestras de campo</b>							
Abril	L	M	M	J	V	S	D
	4	5	6-P1	7	1-P1	2	3
	11	12	13	14	8-P1	9	10-P1
	18-P1	19	20-P1	21	15-P1	16	17
	25	26	27	28-P1	22	23-P1	24
<b>Fase V: Toma de muestras de campo</b>							
Mayo	L	M	M	J	V	S	D
	1	2	3	4-P2	5	6-P1	7
	8	9	10-P1	11	12	13	14
	15	16	17-P1	18	19	20	21-P1
	22	23	24	25	26	27	28
29	30	31					
<b>procesamiento de datos</b>							
Junio	L	M	M	J	V	S	D
	5-P1	6	7	1	2	3	4
	12	13	14	8-P1	9	10	11-P1
	19	20	21	15	16	17-P1	18
	26	27	28	22	23	24	25
<b>procesamiento de datos</b>							
Julio				1	2	3	4
	5	6	7	8	9	10	11
	12	13	14	15	16	17	18
	19	20	21	22	23	24	25
	26	27	28	29	30		

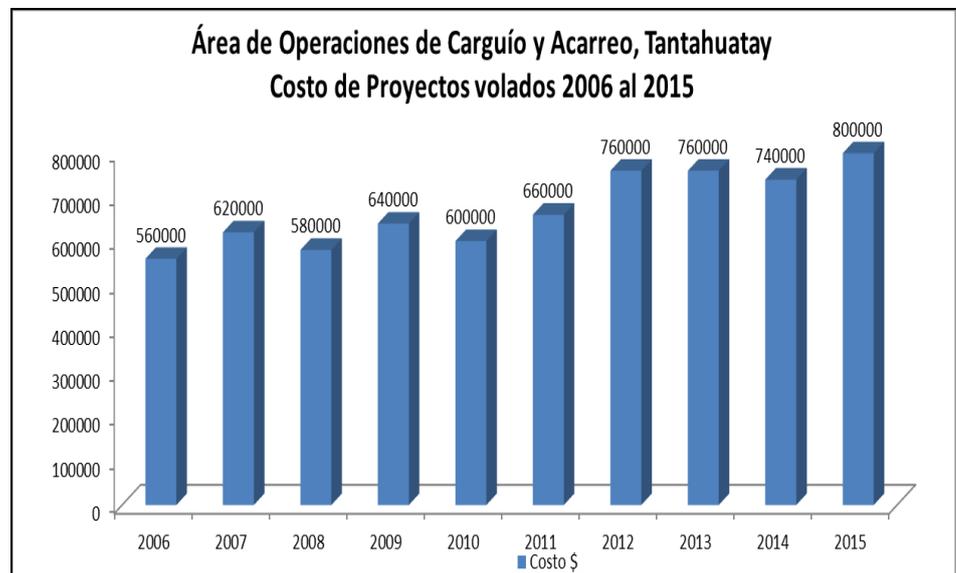
Fuente: Elaboración propia, 2018.

### 3.1.1. Diagnóstico situacional actual de la Empresa Tantahuatay Cia Minera Coimolache

#### a. Copilación de información para el análisis de la situación Actual de la empresa en estudio.

Se solicitó y obtuvo información del Área de Perforación y Voladura y de Mina de la Empresa Tantahuatay Cia Minera Coimolache, sobre los costos que generan al aplicar explosivos en el Área de Perforación y Voladura, para el carguío de taladros donde no se utiliza bolsas Cartuflex Blocker Hole.

Se analizó las estadísticas del costo que genera para la empresa, los proyectos volados desde el periodo 2006 al 2015, el 2016 se comparó con los resultados de 2018, los datos se obtuvieron mediante visitas realizadas al área de estudio, como se detalla a continuación:



**Figura 16.** Costos de Proyectos volados 2006 al 2015

**Fuente:** Área de Operaciones de Carguío y Acarreo, Tantahuatay, 2018.

Según la figura 16, de Costos de Proyectos volados de 2006 al 2015 en el Área de Operaciones de Carguío y Acarreo, Tantahuatay, registra los datos durante diez años, donde el

mayor costo se presenta en el 2015 de \$ 800 000, se aprecia que los meses de enero, febrero y diciembre son los meses con menor número de proyectos volados, llegando en enero a 1 proyecto volado (Ver Anexo 4). Se evalúa que en los años 2012, 2013 y 2014 tienen un costo promedio de \$750 000 se considera que los meses de enero, febrero y diciembre son los meses con menor número de proyectos volados, llegando en enero a 2 proyectos volados. Así mismo el menor costo generado es en el año 2006 con \$560 000, generando un costo promedio de \$650 000.



**Figura 17.** Proyectos volados 2006 al 2015

**Fuente:** Área de Operaciones de Carguío y Acarreo, Tantahuatay, 2018.

Según la Figura 17, de Proyectos volados de 2006 al 2015, se observa que el mayor número de proyectos volados fue el 2015 presenta el mayor índice de frecuencia de 40 proyectos volados generando un costo de \$ 800 000 obteniendo en enero un proyecto volado.

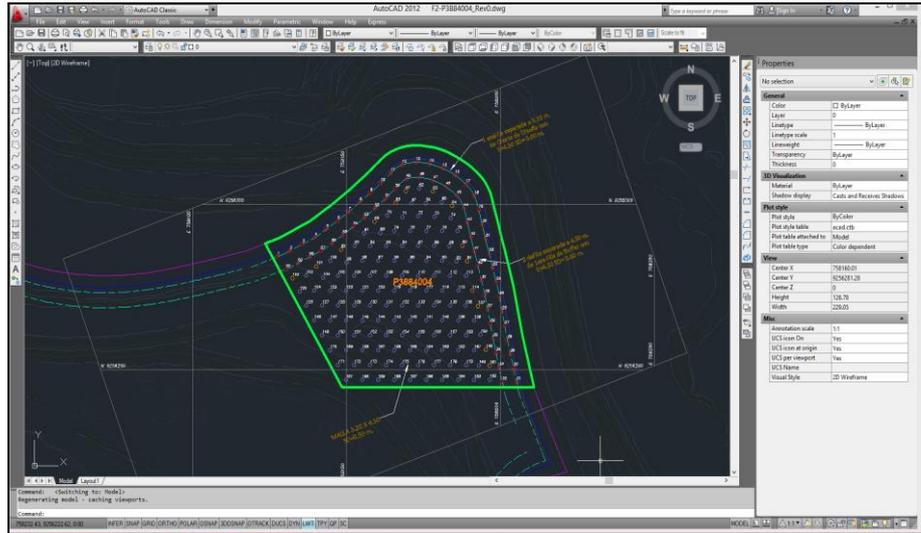
Así mismo en el año 2012, 2013 y 2014 se obtienen un promedio de 37 Proyectos volados (Ver Anexo 4). Por lo que, por año el promedio de proyectos volados es de 32.5 conforme a la data evaluada. (Área de operaciones Tantahuatay, 2016)

### **3.1.2. Proceso de Perforación y Voladura en Unidad Minera Tantahuatay**

En el Proyecto Tantahuatay de Cia Minera Coimolache, se ejecuta el método de explotación superficial, debido a que el yacimiento mineral se encuentra desminado, así mismo la característica del material rocoso se presenta de regular a media, donde se realizaron las pruebas con Cartuflex Blocker Hole. Uno de los factores más importantes es **mantener los niveles de accidentabilidad a 0%** por las siguientes razones: Por salud de los colaboradores, por altos costos que significa en tiempo y dinero. Por lo que, el presente trabajo de aplicación de bolsas Cartuflex redujo los costos de emulsión San-G® en el carguío de taladros, en cumplimiento con la seguridad en el proceso de voladura, para lo cual se detalla siguiendo el orden en condiciones de operación:

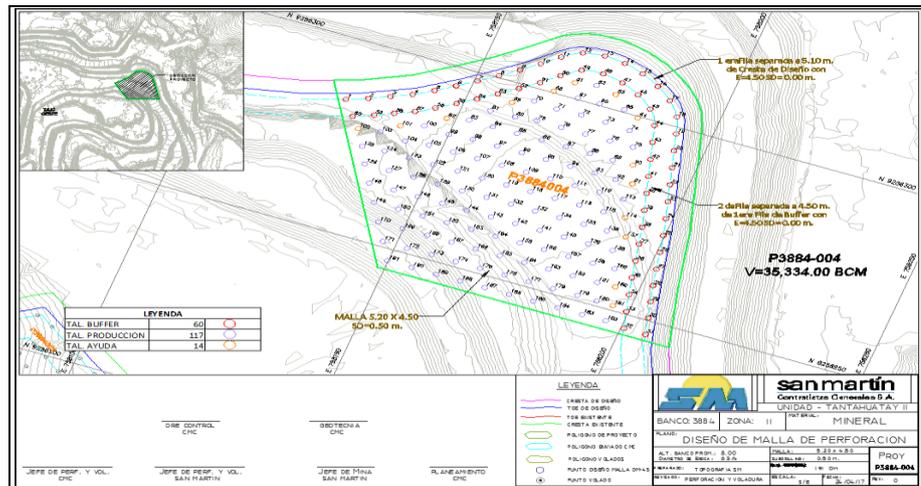
#### **Diseño topográfico de malla de perforación**

Para realizar el proceso de voladura en el Área de Operaciones de Carguío y Acarreo, Tantahuatay se verificó el diseño de carguío de taladros de producción y el diseño de taladros donde no se aplican Cartuflex, según el plano de diseño, el cual se elaboró con el programa de AutoCAD civil 3D. (Ver Figura 18)



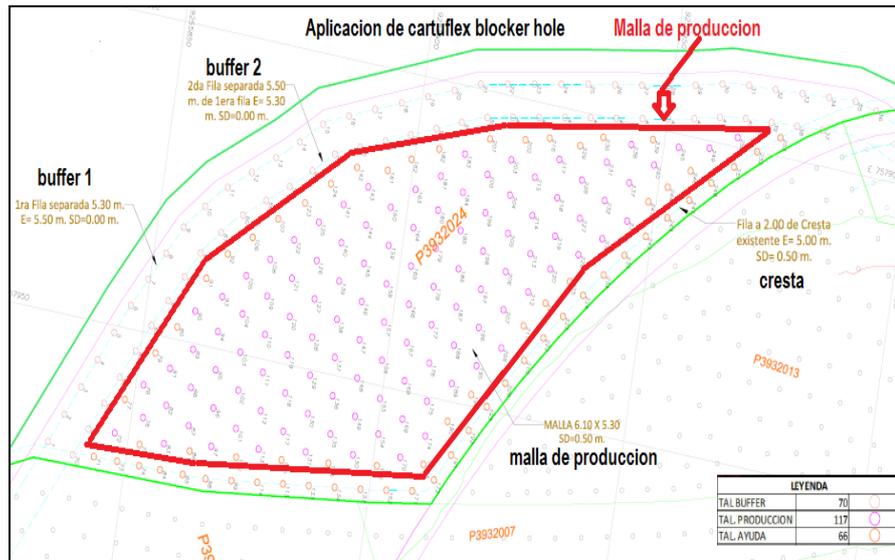
**Figura 18.** Plano de diseño topográfico nivel 3884  
**Fuente:** Área de Topografía Tantauatay, 2018

Seguidamente se elaboró el plano final de diseño de perforación (Ver Anexo 6). El cual fue entregado a las áreas involucradas en el proceso de voladura (ver figura 19)



**Figura 19.** Plano de diseño topográfico final del nivel 3884  
**Fuente:** Área de Topografía Tantauatay, 2018.

Para la aplicación de las bolsas Cartuflex en el proyecto de perforación, se muestra en el plano de diseño de la figura 29, donde el área señalada de color rojo tiene una malla de perforación de 5.30 m de burden, por 6.10 m de espaciamiento donde se aplicaron las bolsas Cartuflex (Ver Anexo 5).



**Figura 20.** Perímetro de diseño para taladros de producción  
**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

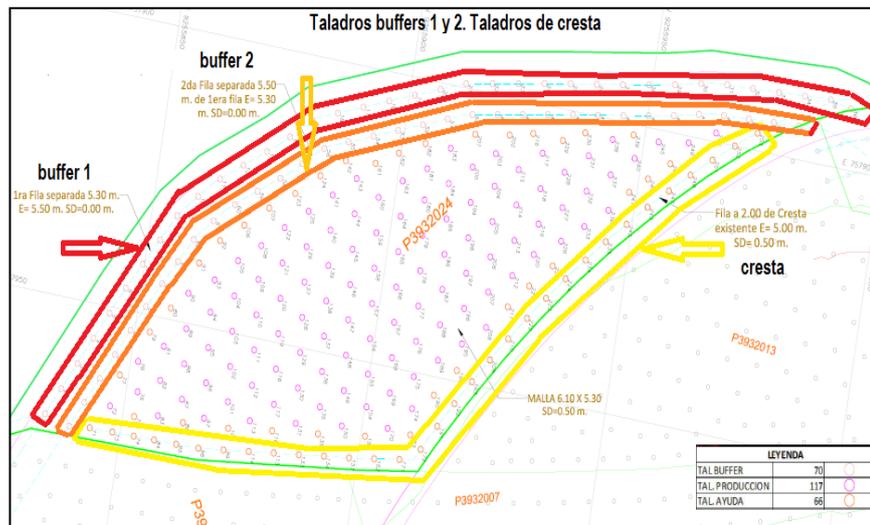
### Diseño de taladros donde no se aplican Bolsas Cartuflex

No se puede aplicar las bolsas Cartuflex en la primera fila del buffer 1, por razones de seguridad, porque el pie del talud podría quedar con toe<sup>1</sup> y generaría un costo adicional para el perfilado del talud final del siguiente proyecto de perforación. En las crestas no se puede colocar los Cartuflex porque no se tiene mucho cuerpo de mineral para romper.

Particularmente en Coimolache Proyecto Tantahuatay solamente se trabajan con taladros de producción y taladros de la buffer 2 (segunda fila seguido de los taladros cerca al talud).

En la figura 30, se muestran las áreas señaladas donde no se aplicaron las bolsas Cartuflex durante las pruebas, el área de color rojo fueron el diseño de los taladros de la buffer 1 pegados al talud, el color naranja fue la segunda fila de la buffer 2 y el color amarillo los taladros de crestas y algunos taladros de ayudas los cuales no se aplicaron Cartuflex Blocker Hole.

<sup>1</sup> **Toe:** Es un material no salido por voladura.



**Figura 21.** Perímetro de diseño donde no se aplica Cartuflex  
**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

Los Cartuflex son bolsas autoinflables que se accionan al ser golpeadas con el puño de la mano para luego ser soltadas al fondo de los taladros jalados por una cuerda de nailon dependiendo a la altura de taladro. En minera Tantahuatay utilizan equipos de perforación con barras de 9 m, para esto las cuerdas de las bolsas Cartuflex miden 14 m de longitud.

**a. Parámetros y diseños de malla de perforación en Proyecto Tantahuatay**

Los parámetros del diseño de la malla de perforación, como burden, espaciamento, sobreperforacion, taladros de ayuda, taladros de producción y taladros buffers se realizaron de acuerdo a las características geotécnicas, geomecánicas del macizo rocoso, del Proyecto Tantahuatay.

**b. Diseño de Taladros de producción**

Son los que llevan más carga con respecto a los otros taladros, con la finalidad de obtener mayor poder rompedor del mineral, en estos taladros se realizaron las pruebas con bolsas Cartuflex logrando resultados eficientes en la voladura.

Para el diseño de los taladros de producción se aplicaron los siguientes parámetros de diseño de carga. La bolsa Cartuflex se aplica en el fondo del taladro donde queda una cámara de aire producto de la sobre perforación (airdeck), con la finalidad de disipar mejor las ondas de choque el explosivo al momento de la detonación.



**Figura 22.** Calculo de carga explosiva producción 1

**Fuente:** Perforación y Voladura San Martin C.G.S.A. Proyecto Tantahuatay.

### **c. Diseño de Taladros buffer 1 y buffer 2 del proyecto**

#### **Tantahuatay**

Los Taladros del buffer 1, son denominados con ese nombre por la empresa minera Coimolache dentro de sus diseños para tener mayor claridad al momento de la perforación, éstos se diseñan con menor carga con una malla de perforación de 5.30 m de burden a 5.50 de espaciamiento así mismo se les colocó una cámara de aire en el medio del taladro y sin bolsa en el fondo, para cuidar los taludes de los próximos proyectos a volar. Los Taladros del buffer 2, en algunos casos son diseñados con cámara de aire al fondo del taladro para ver los resultados de pruebas, pero con una malla de perforación de 5.50 m de espaciamiento y 5.30 m de burden, donde se obtuvieron resultados positivos de fragmentación de mineral.

A continuación, se muestra los diferentes tipos de diseños de taladros y de carga con explosivo San-G, utilizados en el proyecto Minero Tantahuatay.

#### **3.1.3. Diseño de Taladros de ayuda**

Los taladros de ayuda se diseñaron para cerrar la malla de perforación, ya que las mallas son irregulares, a continuación se muestran los parámetros de diseño de los taladros de ayuda.

#### **3.1.4. Taladros de crestas**

##### **Señalización del área a perforar**

Para la señalización del área a explotar, se inspeccionó la superficie o plataforma donde se colocaron los puntos de perforación mediante un levantamiento topográfico, el cual se ejecutó seguidamente con la perforación utilizando una perforadora DML-45 de Atlas Copco, de ese modo dejando los taladros listos para el siguiente paso, así mismo evaluando peligros y riesgos señalizando el área con estacas, cintas de

seguridad y letreros de seguridad, conforme lo establece el DS-023- EM.

### **Medición de taladros**

La Medición de Taladros se realizó una vez terminada la perforación, el cual se verificaron que los taladros estén correctamente nivelados a la altura de diseño solicitado por el área de perforación y voladura. Este trabajo lo realizaron los operarios de voladura (winchero, un personal para tapar los taladros y asistente de toma de datos) de la Empresa San Martín Contratistas Generales de Tantahuatay.

El cual se consideró tres actividades a realizar como el **Winchado de taladros** (para asegurarse que todos los taladros estén a la altura de diseño). Seguido se realizó el **Nivelado de taladros** (marcando los taladros que si están a diseño y otros taladros que han sido tapados por desprendimiento de material de las paredes de los taladros perforados) y el **Marcado de taladros con agua y reperfusión** (básicamente en tiempo de lluvias por la acumulación de agua, los cuales se tienen que bombear a presión con un equipo auxiliar o con el mismo camión fábrica, así mismo la reperfusión de taladros a los que se han tapado por caída de material.

### **Distribución Exel y Booster en Taladros**

Después de haber trasladado los accesorios de voladura a la malla perforada se inicia la distribución de Exel y Booster<sup>2</sup>, el cual se repartieron por separados a una distancia de 40 cm a 50 cm del taladro perforado por razones de seguridad.

La única finalidad de la separación de los explosivos es evitar la pérdida del accesorio de voladura por caída al fondo del taladro como se aprecia en la figura.

---

<sup>2</sup> **Booster:** accesorio de voladura fabricado por Famesa Explosivos

### **Primado de los Taladros**

Para el Primado de taladros del área a explotar, se realizó tres actividades: Se colocó el **Exel en el Booster** para alcanzar una explosión fortuita<sup>3</sup>, siendo la colocación del excel de manera segura sin sufrir golpes, ya que en su interior lleva un detonador de alto potencial, esta actividad lo realizaron los operarios de voladura de la empresa San Martin Contratistas Generales por estar capacitados en el manejo de explosivos.

Seguido se **bajó la Prima al Taladro**<sup>4</sup> para alcanzar la altura de diseño de perforación y posteriormente se aseguró el Exel en la Superficie amarrado de una estaca señalada con el número de taladro.

### **Aplicación de las bolsas Cartuflex**

La aplicación de las bolsas Cartuflex, se realizó con personal entrenado y capacitado en la manipulación de explosivos del área de voladura, la supervisión se encuentra a cargo del supervisor o Jefe del área de perforación y voladura.

El supervisor evaluó el producto al momento de ser sacado de almacén y transportado hasta la malla de voladura en campo, donde se colocó la bolsas Cartuflex para las pruebas determinadas (Ver Anexo 9). Según el diseño establecido por mina para consecutivamente se procedió a aplicar el producto al taladro ya perforado, tal como se aprecia en la siguiente figura.

### **Dimensiones de las bolsas Cartuflex**

En Coimolache S.A. proyecto Tantahuatay se utilizó bancos de perforación de 8m de altura con una sobre perforación de 0.50m, los taladros perforados tienen un diámetro de 7.7/8 de pulgadas, lo que hace que las bolsas obtengan la presión necesaria en el fondo del taladro al momento de accionar el

---

<sup>3</sup> **Explosión fortuita:** velocidad de detonación

<sup>4</sup> **Bajó la Prima al Taladro:** hacer caer el booster mas exel al fondo del taladro jalando del excel.

aire. Además cada bolsa tiene una altura de 0.50cm de altura en dirección vertical al taladro perforado, ocupando la Sp<sup>5</sup> de cada taladro.

En la siguiente figura (ver figura 23) se puede visualizar una bolsa Cartuflex sin accionar, la cual está en repartida dentro de la malla de perforación para ser usada, esta se encuentra cubierta por una bolsa y amarrada con ligas por razones de seguridad, así mismo también tiene una cuerda de nailon la cual sirve para jalarlo hacia arriba cuando es accionada y enviada al fondo del taladro, en la misma figura 36, se puede observar una bolsa Cartuflex Blocker Hole accionada la cual se le ha quitado la bolsa que lo cubre para tener mayor conocimiento de su funcionamiento.



**Figura 23.** Bolsas Cartuflex y sus características principales  
Fuente: Elaboración propia

### **Carguío de la mezcla explosiva**

Para el carguío de la mezcla explosiva del área se consideró tres actividades el ***Ingreso del Camión al Área de Carguío***, y tomando como referencia el no pisare el Exel (tiro cortado<sup>6</sup>), la Colisión y Atropello por equipos auxiliares en tapado de taladros y personal dentro de la malla de perforación. ***La toma***

<sup>5</sup> **Sp:** Nomenclatura utilizada referente a la sobreperforacion

<sup>6</sup> **Tiro cortado:** Cuando sufre un corte el accesorio de voladura y no pasa la energía al taladro para su detonación

**de muestras de densidad** por el asistente de voladura (Ver Anexo 3). Así como también se consideró el **Llenado de los taladros con la mezcla explosiva San-G®** (Ver Anexo 2) que se realizó a través del camión fabrica, el cual lleno los taladros con explosivo San-G® por medio de una manguera hacia el taladro, para evitar el derrame de la mezcla explosiva, así mismo tomando todos los controles de Seguridad establecidos por la Empresa San Martin Contratistas Generales.

#### **Sexto Colocación de taco en los taladros**

Para la colocación de taco en los taladros se consideró las siguientes actividades, primero se seleccionó el tipo de material para tapar los taladros con el taco adecuado, el cual se seleccionó de preferencia material detritus<sup>7</sup> o roca chancada conocida como estemin<sup>8</sup> y así mismo evitar vibraciones altas (Ver Anexo 8). Segundo, para el tapado de los taladros se utilizó un equipo auxiliar de línea amarilla conocido como bocat y también el tapado con palana, que bajo la supervisión del jefe de perforación y voladura se procedió a tapar los taladros verificando no tener la presencia de cables rotos y pudieran salir tiros cortados en el momento de la voladura.

#### **Séptimo Amarre del proyecto.**

Para el amarre del proyecto se consideró dos actividades básicas, en primer lugar, se consideró el **tipo de voladura**, en el caso de Tantahuatay se realiza voladura electrónica por ser de mayor precisión que la voladura convencional o primaria ya que en esta se puede verificar si en el caso hubiera cortes de algún cable de amarre, el cual se puede corregir en su momento. En segundo lugar se consideró el tipo de **accesorio** para el amarre, el cual se empleó cable de disparo de 500 m, el cual contiene pentrita, conectores de deybitronic de este modo

---

<sup>7</sup> **Detritus:** Roca triturada salido de la perforación del taladro.

<sup>8</sup> **Estemin:** Roca chancada de 1 a 1.1/2 pulgada, adecuada para tapar taladros.

quedando listo para la voladura. Así mismo la secuencia y salida del disparo se diseñó previo al amarre del proyecto empleando retardadores de tiempo.

#### **Despeje del personal y equipo del área de voladura.**

Para el Despeje del personal y equipo del área de voladura se consideraron las siguientes actividades, se **comunicó la hora y fecha de la voladura** seguidamente con el **despeje de personal y equipos** fuera del radio de influencia de la voladura, en el caso del personal se consideró 500 m y 300 m fuera del radio de influencia según el D.S. 023 EM, también se verificó el **Cierre de accesos al área de voladura**.

#### **Protocolo e iniciación de la voladura.**

Para el Protocolo e iniciación de la voladura se consideró dos actividades, se confirmó del **despeje del área de voladura** asegurándose que el personal y equipos no estén dentro del área de influencia y estén ubicados en lugar seguro. Seguidamente dándose inicio a la **voladura** logrando resultados óptimos para la producción.

#### **Evaluación de la voladura.**

Para la Evaluación de la voladura se consideró dos actividades, se pidió la **autorización de ingreso para verificar el disparo** después de haber pasado los 5 minutos. Así mismo se comprobó que **todos los taladros estén detonados** con éxito asegurando una voladura eficiente.

### 3.1.5. Proyectos volados después de la aplicación del Cartuflex

El proyecto Tantahuatay de Minera Coimolache, cuenta con un tajo de producción denominado Tantahuatay II el cual suministra a diferentes destinos tales como el PAD de mineral fase II, DM3 Y DM2 de desmonte. Se puede apreciar los proyectos volados durante las pruebas realizadas con las bolsas Cartuflex, el cual se ha tenido resultados positivos. El tajo cuenta con un diseño de taladros Buffer 1, Buffer 2, taladros de producción, taladros de crestas y ayudas.

Con la aplicación de las bolsas Cartuflex se obtienen resultados positivos, porque al funcionar como cámaras de aire en el interior del taladro, la carga explosiva tiene una mejor disipación de las ondas de choque en el material rocoso, logrando una buena fragmentación promedio del mineral de 3.88 pulgadas conjuntamente con la velocidad de detonación de la emulsión San-G®. En la siguiente figura se puede observar en el área de color amarillo un proyecto volado donde se aplicó las bolsas Cartuflex y emulsión San-G®.

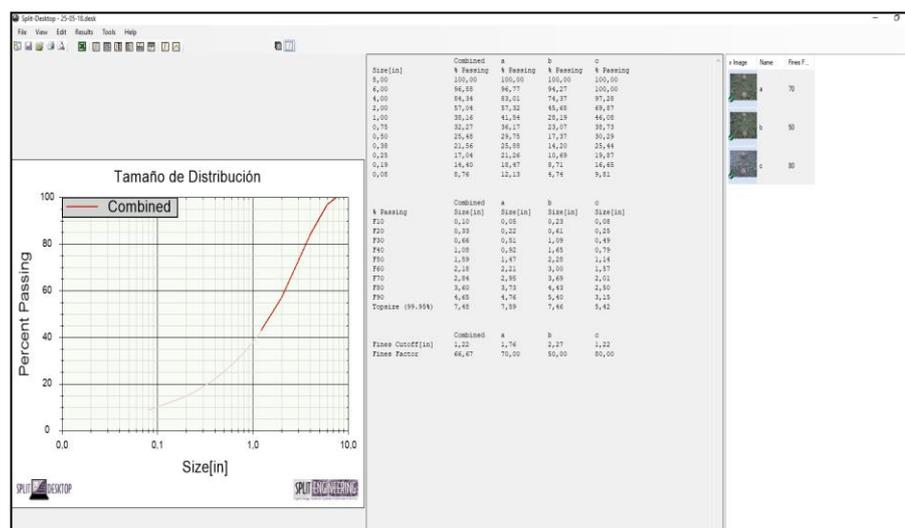
### 3.1.6. Análisis de fragmentación de mineral

La fragmentación del mineral se realizó, tomando en cuenta los siguientes pasos:

- a. **Toma de fotografías:** la toma de fotografías se realizó en los frentes de minado según el avance del carguío y así mismo en la descarga del pad de lixiviación de mineral de la fase II del Proyecto Tantahuatay. Para esto se usó dos esferas sintéticas de 10 pulgadas de diámetro como muestra de fragmentación.
- b. **Análisis de fotografías:** para la obtención de los resultados de la fragmentación del mineral se procesaron las fotografías por medio del software SPLIT DESKTOP 6.1.

### c. Resultados e interpretación del análisis de fragmentación mediante el Software Split Desktop 6.1.

La fragmentación promedio del mineral en la unidad minera Coimolache Proyecto Tantahuatay es de 3.80 pulgadas, mejorando la fragmentación y recuperación metalúrgica del mineral, haciendo una mejora en la fragmentación del mineral (Ver figura, 24).



**Figura 24. Resultados de fragmentación de mineral**  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

### 3.2. Pruebas realizadas aplicando bolsas Cartuflex.

A continuación, se muestran los datos obtenidos de las pruebas realizadas DESPUÉS de la aplicación de las bolsas Cartuflex durante el periodo de estudios:

#### a. Pruebas aplicando bolsas Cartuflex: Enero 2018.

En el mes de enero se ejecutaron 9 proyectos volados, donde se realizaron las pruebas con bolsas Cartuflex en los taladros de producción, con la finalidad de reducir costos en la compra de emulsión San-G®, y así mismo mejorar la fragmentación del mineral. Para lo cual se empleó 266,254 Kg de Emulsión SAN-G® en todas las pruebas de las mallas voladas durante el mes de enero, con un costo en la compra de emulsión SAN-G® de \$ 173.065,1. (Ver Tabla 12):

**Tabla 12.**

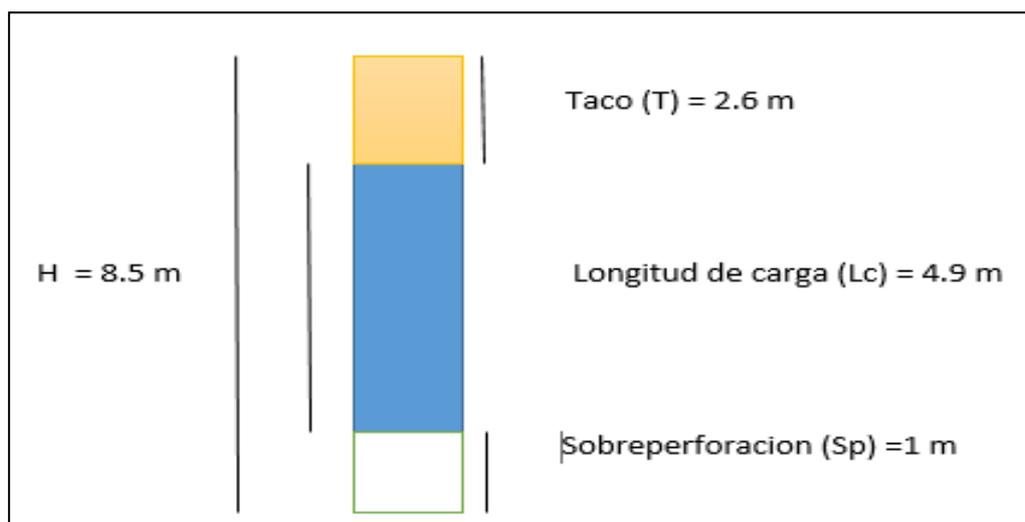
Pruebas ejecutadas con bolsas Cartuflex, mes de enero 2018

PRUEBAS MES ENERO – 2018								
Pruebas	Nivel	Fecha	Tal/p	Cartu flex	Emulsión(kg)	Malla	Emulsión cart(kg)	c/t (kg/t)
p-1	3916-32	09/01/2018	84	84	23585	136	16258.2	193.55
p-2	3908-10	13/01/2018	154	154	32350	168	29806.7	193.55
p-3	3908-11	16/01/2018	74	74	26731	158	14322.7	193.55
p-4	3908-13	18/01/2018	90	90	19215	110	17419.5	193.55
P-5	3908-12	20/01/2018	157	157	40747	216	30387.35	193.55
P-6	3900-29	21/01/2018	145	145	33931	181	28064.75	193.55
P-7	3908-14	24/01/2018	96	96	32733	187	18580.8	193.55
P-8	3908-15	27/01/2018	76	76	21745	118	14709.8	193.55
P-9	3900-30	29/01/2018	96	96	35217	196	18580.8	193.55
TOTAL			<b>972</b>	<b>972</b>	<b>266254</b>	<b>1470</b>	<b>188130.6</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Calculo del consumo de **SAN-G®** aplicando bolsas Cartuflex en el fondo de los taladros de producción:

Se tiene una longitud de carga (ver figura 25) de 4.9 m/TI x 39.5 kg/m que va a ser igual a 193.55 kg/TI. Seguido se calcula la cantidad de explosivo en los taladros de producción que es: 972 TI x 193.55kg/TI obteniendo 188130.6 kg de **SAN-G®**, que multiplicado por su costo de \$/kg 0.65, se tiene un costo de **\$ 122284.89** (dólares). Calculamos el costo de las bolsas Cartuflex Blocker Hole (8 dólares/unidad). Se tiene 972 und x 8 \$/und obteniendo un costo de **\$ 7776**. Por lo tanto sumado al costo del **SAN-G®** se tiene el costo total de los taladros de producción aplicando bolsas Cartuflex de **\$ 130060.89** (ver anexo 7)

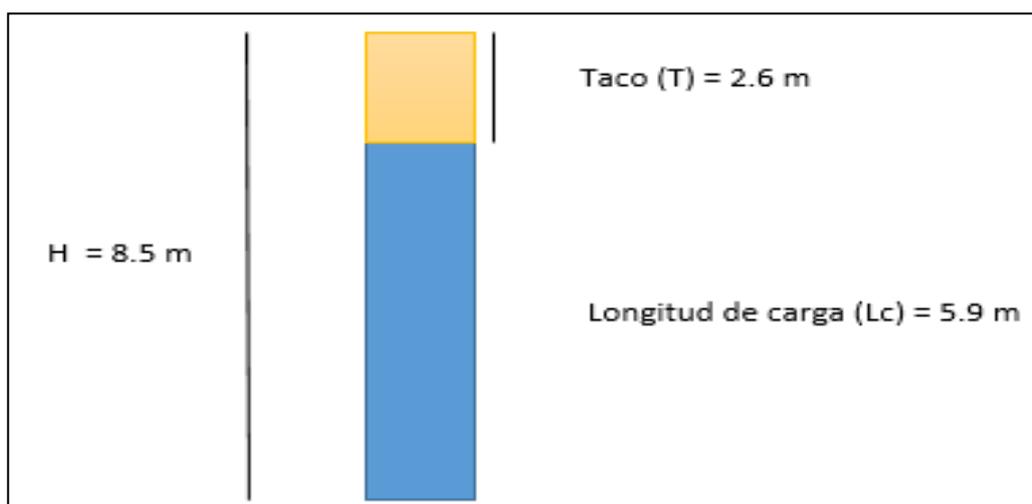


**Figura 25.** Diseño de taladro con Cartuflex, 2018

Fuente: Perforación y Voladura San Martin C.G.S.A. Proyecto Tantahuatay

Calculo de consumo de SAN-G® en los taladros de producción sin aplicar las bolsas Cartuflex Blocker Hole se tiene:

Los parámetros cambian en la longitud de carga (ver figura 26) y se tiene que, 5.9 m/TI x 39.5kg/m se tiene 233.05 kg/TI, entonces el consumo de explosivo en los 972 TI que multiplicado por 233.05kg/TI se tiene 226524.6 kg de SAN-G®, a esta cantidad de explosivo lo multiplicamos por su costo de \$/kg 0.65, obteniendo un costo de taladros de producción sin aplicar Cartuflex de **\$ 147240.99**



**Figura 26.** Diseño de taladro sin Cartuflex, 2018

**Fuente:** Perforación y Voladura San Martín C.G.S.A. Proyecto Tantahuatay

Por lo tanto con la **APLICACIÓN DE LAS BOLSAS CARTUFLEX** se tiene un ahorro económico de **\$ 17180.1**. Tal como se muestra en la siguiente tabla (Ver Tabla 18):

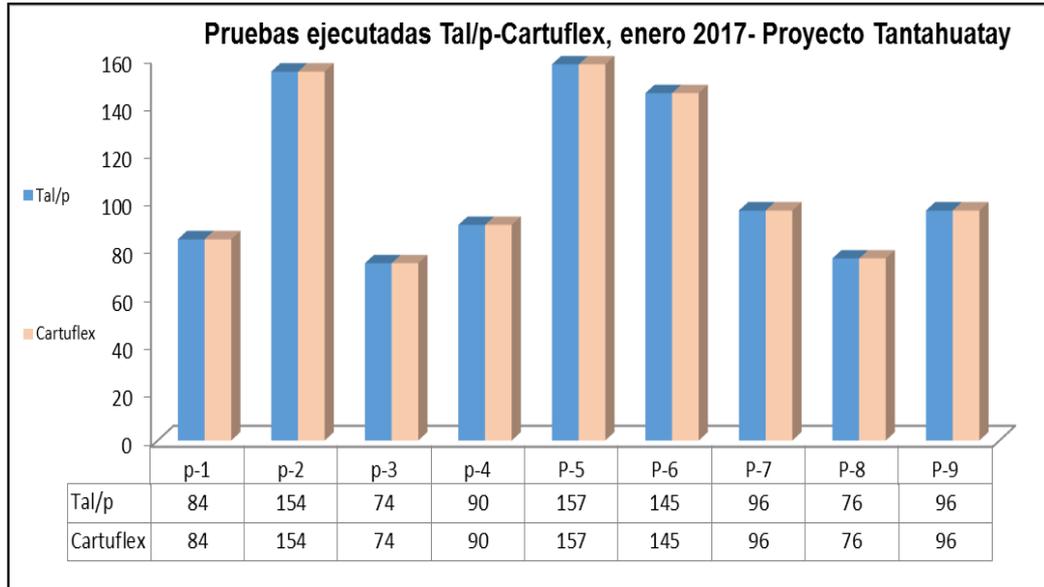
**Tabla 13.**

Costo de pruebas con bolsas Cartuflex, mes de enero 2018.

PRUEBAS MES ENERO – 2018								
Pruebas	CAR T (\$)	SAN-G (\$)	Tal/p	Cartuflex (\$)	SAN-G-CARTUFLEX (\$)	SAN-G SIN CART (\$)	c/t (kg/t) CART	c/t (kg/t) SIN CART
p-1	8	0.65	84	672	10567.83	12724.53	193.55	233.05
p-2	8	0.65	154	1232	19374.355	23328.305	193.55	233.05
p-3	8	0.65	74	592	9309.755	11209.705	193.55	233.05
p-4	8	0.65	90	720	11322.675	13633.425	193.55	233.05
P-5	8	0.65	157	1256	19751.7775	23782.7525	193.55	233.05
P-6	8	0.65	145	1160	18242.0875	21964.9625	193.55	233.05
P-7	8	0.65	96	768	12077.52	14542.32	193.55	233.05
P-8	8	0.65	76	608	9561.37	11512.67	193.55	233.05
P-9	8	0.65	96	768	12077.52	14542.32	193.55	233.05
TOTAL			<b>972</b>	<b>7776</b>	<b>130060.89</b>	<b>147240.99</b>		
AHORRO ECONOMICO						<b>\$ 17180.1</b>		

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

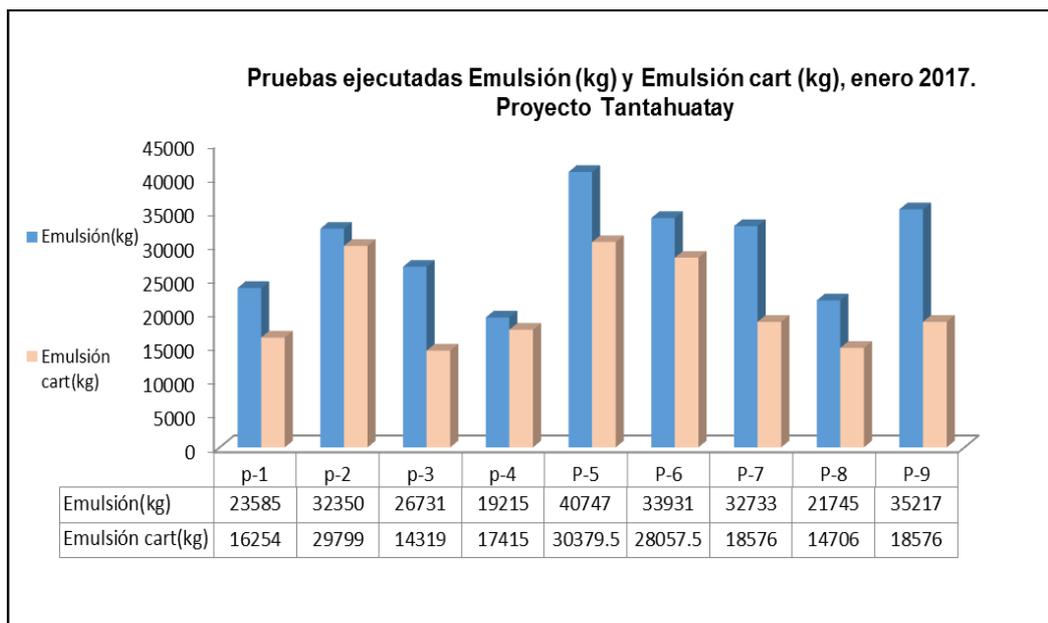
Así mismo en la tabla 13, se muestra los consumos de bolsas Cartuflex en los taladros de producción durante el mes de enero de 972 unidades con un costo de \$ 7776 que ya está sumado al costo de producción con Cartuflex que es igual a \$ 130,060.89, generando un ahorro de \$ 17,180.1.



**Figura 27.** Pruebas ejecutadas Tal/p-Cartuflex, enero 2018- Proyecto Tantahuatay

**Fuente:** Perforación y Voladura San Martin C.G.S.A. Proyecto Tantahuatay

En la Figura 27, se muestran los proyectos volados de Tal/p-Cartuflex, del mes de enero de 2018, se observa que el proyecto p-5 presenta mayor número de taladros de producción volados, con 157 Tal/p y bolsas Cartuflex, lo que infiere que habrá mejores resultados en el ahorro económico para la empresa.



**Figura 28.** Pruebas de Emulsión (kg) y Emulsión cart (kg), enero 2018  
**Fuente:** Perforación y Voladura San Martin C.G.S.A. Proyecto Tantahuatay.

En la Figura 28, de Pruebas de Emulsión (kg) y emulsión Cart (kg) de enero 2018, se observa que el proyecto p-5 presenta mayor concentración de emulsión San-G® con 40,747 Kg sin aplicar la bolsa Cartuflex como cámara de aire en el fondo del taladro y a su vez aplicando la bolsa Cartuflex con un consumo de explosivo de 30379.5 kg de emulsión San-G® en los taladros de producción, seguido del proyecto p-9 que presenta una concentración de emulsión de 35,217 Kg de San-G®. Por lo tanto se puede ver la diferencia al aplicar las bolsas Cartuflex como cámaras de aire que si son muy beneficiosas ya que nos generan reducción de costos en compra de emulsión en el área de perforación y voladura de Minera Coimolache.

### **Resultados de fragmentación del mineral del mes de enero 2018**

La fragmentación del mineral promedio durante el mes de enero alcanzó a 3.88 pulgadas, superando a los a los indicadores anteriores de 4.50 a 5 pulgadas (Ver figura, 29)

			ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN ENERO-2017						
BANCO	PROYECTO	POLIGONO	COORDENADAS		FECHA	N° DE FOTOS	P-80	P-90	TOP-SIZE
			ESTE	NORTE					
3900	029	029	757986.070	9256128.812	27/01/2017	3	4.08	6.58	19.00
3900	030	030	757974.194	9256141.716	27/01/2017	3	4.00	6.10	9.87
PROMEDIO						6	4.08	6.58	19.00
BANCO	PROYECTO	POLIGONO	COORDENADAS		FECHA	N° DE FOTOS	P-80	P-90	TOP-SIZE
			ESTE	NORTE					
3908	010	038	757954.542	9255959.695	05/01/2017	4	3.90	7.74	13.41
3908	011	030	757961.256	9256058.974	07/01/2017	4	4.05	6.29	11.81
3908	012	023	757945.333	9256082.955	09/01/2017	4	4.08	5.44	9.49
3908	013	025	757949.430	9256127.913	10/01/2017	3	4.03	5.16	8.59
3908	014	038	757955.530	9255938.720	10/01/2017	3	3.98	5.03	8.17
3908	015	032	757937.730	9256049.533	11/01/2017	7	4.03	5.98	10.18
PROMEDIO						25	4.01	5.94	10.28
BANCO	PROYECTO	POLIGONO	COORDENADAS		FECHA	N° DE FOTOS	P-80	P-90	TOP-SIZE
			ESTE	NORTE					
3916	032	152	758056.777	9255880.246	14/01/2017	3	3.62	4.82	9.09
PROMEDIO						3	3.54	5.06	11.04
PROMEDIO PONDERADO/ FOTOS						34			
PROMEDIO PONDERADO/ TONELAJE							3.88	5.86	13.44

**Figura 29.** Resultados de fragmentación de mineral, enero, 2018

**Fuente:** área de perforación y voladura minera Coimolache S.A. 2018

#### **b. Pruebas aplicando bolsas Cartuflex: Febrero 2018.**

En el mes de febrero se ejecutaron 8 proyectos volados donde se realizaron las pruebas en los taladros de producción. El consumo total de San-G® en todo el proyecto volado incluyendo taladros de producción, taladros de ayudas, taladros buffers es de 231,246 kg de emulsión, con un costo de \$ 150,309.9 (Ver Tabla 14), así mismo se detalla cada proyecto volado y la cantidad de taladros por malla perforada, también las cantidades de emulsión que se emplearon por proyecto volado durante el mes de febrero del 2018 en el proyecto Tantahuatay.

**Tabla 14.**

Pruebas realizadas con bolsas Cartuflex, mes de febrero 2018

<b>PRUEBAS MES DE FEBRERO-2018</b>								
<b>Pruebas</b>	<b>Nivel</b>	<b>Fecha</b>	<b>Tal/p</b>	<b>Cartuflex</b>	<b>Emulsión(kg)</b>	<b>Malla</b>	<b>E-Cart(kg)</b>	<b>c/t (kg/t)</b>
P-1	3972-29	02/02/2018	14	14	6961	46	2709.7	193.55
P-2	3908-16	04/02/2018	37	37	20656	123	7161.35	193.55
P-3	3940-46	05/02/2018	131	131	28994	159	25355.05	193.55
P-4	3900-31	07/02/2018	100	100	39309	225	19355	193.55
P-5	3940-47	11/02/2018	191	191	37189	191	36968.05	193.55
P-6	3900-33	21/02/2018	111	111	34383	189	21484.05	193.55
P-7	3900-34	25/02/2018	161	161	35740	185	31161.55	193.55
P-8	3924-25	27/02/2018	115	115	28014	185	22258.25	193.55
<b>TOTAL</b>			<b>860</b>	<b>860</b>	<b>231246</b>	<b>1303</b>	<b>166453</b>	

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

El consumo de SAN-G® en los taladros producción aplicando Cartuflex es de \$115.074,45, y el costo de taladros de producción sin aplicar Cartuflex es de \$130.274,95, obteniendo un ahorro de \$15.200,5. Tal como se muestra en la tabla siguiente (Ver Tabla 15):

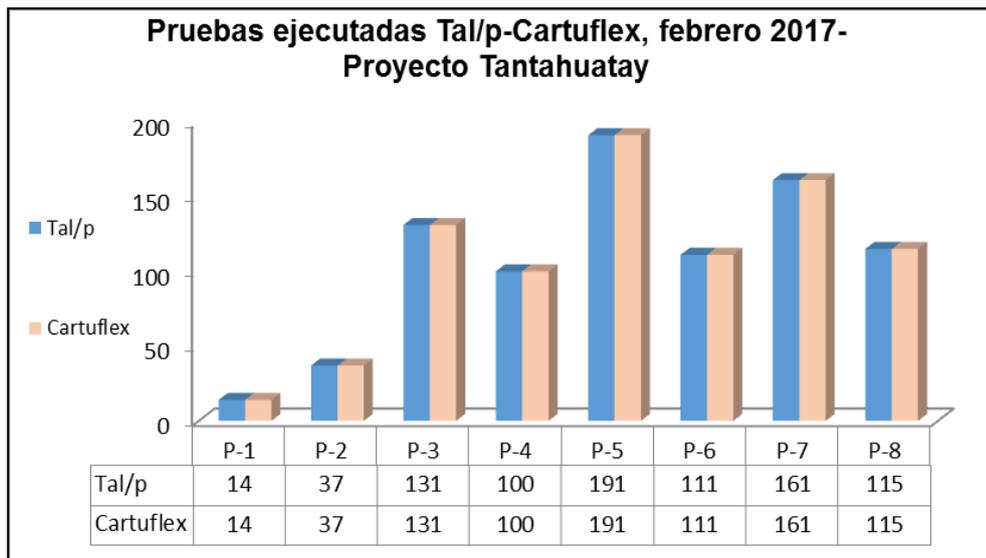
**Tabla 15.**

Costos de pruebas realizadas con bolsas Cartuflex, mes de febrero 2018.

<b>COSTOS DE PRUEBAS MES FEBRERO - 2018</b>								
<b>Pruebas</b>	<b>CART (\$)</b>	<b>SAN-G (\$)</b>	<b>Tal/p</b>	<b>Cartuflex (\$)</b>	<b>SAN-G-CARTUFLEX X (\$)</b>	<b>SAN-G SIN CART(\$)</b>	<b>c/t (kg/t) CART</b>	<b>c/t (kg/t) SIN CART</b>
<b>p-1</b>	8	0.65	14	112	1761.305	2120.755	193.55	233.05
<b>p-2</b>	8	0.65	37	296	4654.8775	5604.8525	193.55	233.05
<b>p-3</b>	8	0.65	131	1048	16480.7825	19844.2075	193.55	233.05
<b>p-4</b>	8	0.65	100	800	12580.75	15148.25	193.55	233.05
<b>P-5</b>	8	0.65	191	1528	24029.2325	28933.1575	193.55	233.05
<b>P-6</b>	8	0.65	111	888	13964.6325	16814.5575	193.55	233.05
<b>P-7</b>	8	0.65	161	1288	20255.0075	24388.6825	193.55	233.05
<b>P-8</b>	8	0.65	115	920	14467.8625	17420.4875	193.55	233.05
<b>TOTAL</b>			<b>860</b>	<b>6880</b>	<b>115074.45</b>	<b>130274.95</b>		
<b>AHORRO ECONOMICO</b>					<b>\$ 15200.5</b>			

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

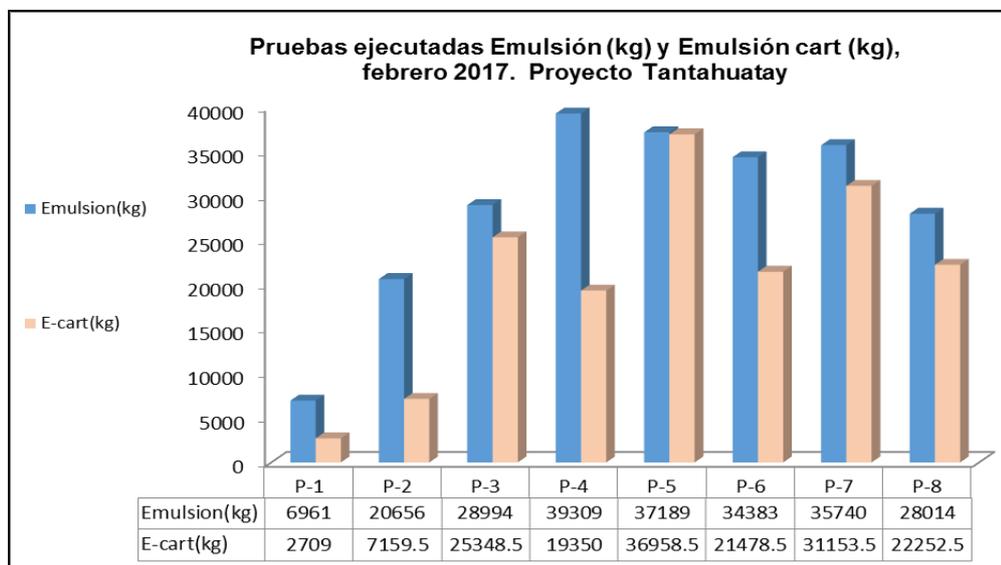
Así mismo en la tabla 20, muestra el costo por cada unidad de bolsa Cartuflex y el monto general, el cual es sumado al costo de taladros de producción que finalmente nos da como resultado de un ahorro económico de \$ 15,200.5.



**Figura 30.** Pruebas ejecutadas Tal/p-Cartuflex, febrero 2018.

**Fuente:** Perforación y Voladura San Martin C.G.S.A. Proyecto Tantauatay

En la Figura 37, de Pruebas ejecutadas Tal/p-Cartuflex, del mes de febrero de 2018, se observa que el proyecto volado p-5 presenta mayor número de taladros de producción con 191 para Tal/p y Cartuflex, seguido del proyecto p-7 con 161 para Tal/p y Cartuflex, lo que infiere que habrá mejores resultados económicos.



**Figura 31.** Pruebas de Emulsión (kg) y Emulsión Cart (kg), febrero 2018.

**Fuente:** Perforación y Voladura San Martin C.G.S.A. Proyecto Tantauatay

En la Figura 31, de Pruebas de emulsión (kg) y emulsión con Cartuflex (kg) de febrero 2018, se observa que el proyecto p-4 presenta mayor

concentración de emulsión San-G® con 39,309 Kg para toda la malla a volar, así mismo en el consumo de taladros de producción se refleja en 19,350 kg el cual reduce los costos en compra de San-G®, el proyecto p-5 presenta una concentración de emulsión de 36,958.5 Kg, seguido del proyecto p-5 que presenta una concentración de emulsión de 37,189 Kg, así mismo la segunda concentración de emulsión con Cartuflex lo presenta la prueba p-7 con 31,153.5 Kg. Lo que infiere que estas pruebas permitirán un ahorro económico óptimo para la empresa.

### Análisis de fragmentación del mineral del mes de febrero 2018.

Así mismo a la reducción de costos se suma la fragmentación del mineral promedio durante el mes de febrero que alcanzo a 3.71 pulgadas (Ver figura, 32).

CIA MINERA COIMOLACHE S.A. U.P. SANTAHUATAY		ANÁLISIS DE FRAGMENTACION FEBRERO- 2017							
BANCO	PROYECTO	POLIGONO	COORDENADAS		FECHA	N° DE FOTOS	P-80	P-90	TOP-SIZE
			ESTE	NORTE					
3900	031	035	757961.687	9255990.906	10/02/2017	3	3.82	5.03	9.11
3900	033	034	757971.785	9255992.192	14/02/2017	4	2.63	3.72	10.33
3900	034	026	757969.461	9256090.994	15/02/2017	3	4.09	5.31	8.65
PROMEDIO						10	3.51	4.69	9.36
BANCO	PROYECTO	POLIGONO	COORDENADAS		FECHA	N° DE FOTOS	P-80	P-90	TOP-SIZE
			ESTE	NORTE					
3908	016	036	757944.604	9256254.858	03/02/2017	3	3.89	5.47	9.29
3924	025	067	758213.849	9256224.879	07/02/2017	2	3.26	6.67	10.09
3940	046	213	757890.673	9256368.556	20/02/2017	3	3.48	6.08	12.71
3940	047	213	757911.446	9256385.674	22/02/2017	4	4.21	5.32	8.90
3972	029	051	758132.946	9256244.273	13/02/2017	3	4.66	5.84	9.90
PROMEDIO						15	3.90	5.88	10.18
TOTAL DE FOTOS						25			
PROMEDIO PONDERADO/ TONELAJE							3.71	4.88	9.77

**Figura 32.** Resultados de fragmentación de mineral febrero, 2018  
**Fuente:** área de perforación y voladura minera Coimolache S.A., 2018

**c. Pruebas aplicando bolsas Cartuflex: Marzo 2018.**

En el mes de marzo se ejecutaron 5 proyectos volados donde se realizaron 5 pruebas en los taladros de producción, se consumió emulsión San-G® 136,132 kg con un costo de \$ 88485.8 (Ver Tabla 21):

**Tabla 16.**

Pruebas realizadas con bolsas Cartuflex, mes de marzo 2018

<b>RUEBAS MES DE MARZO-2018</b>								
<b>Pruebas</b>	<b>Nivel</b>	<b>Fecha</b>	<b>Tal/p</b>	<b>Cartuflex</b>	<b>Emulsión(kg)</b>	<b>Malla</b>	<b>E-Cart(kg)</b>	<b>c/t (kg/t)</b>
P-1	3900-35	03/03/2018	77	77	24349	135	14903.35	193.55
P-2	3900-36	06/03/2018	65	65	23785	130	12580.75	193.55
P-3	3892-18	10/03/2018	75	75	34067	189	14516.25	193.55
P-4	3892-19	17/03/2018	83	83	29190	157	16064.65	193.55
P-5	3892-20	20/03/2018	107	107	24741	174	20709.85	193.55
TOTAL			<b>407</b>	<b>407</b>	<b>136132</b>	<b>785</b>	<b>78774.85</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2018

El consumo de San-G® en los taladros producción aplicando Cartuflex es de \$ 54.459,65 y el costo de taladros de producción sin aplicar Cartuflex es de \$61.653,38, obteniendo un ahorro de \$ 7.193,73. Tal como se muestra en la tabla siguiente (Ver Tabla 17):

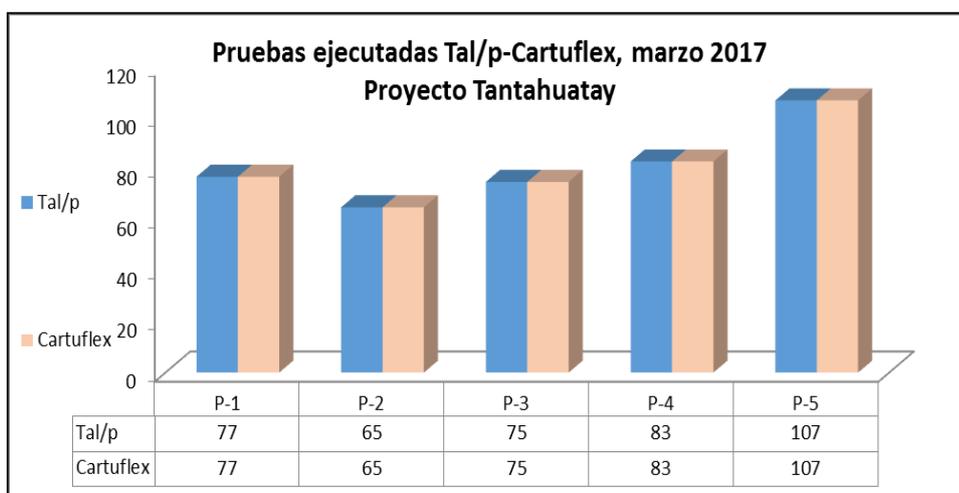
**Tabla 17.**

Costo de pruebas con bolsas Cartuflex, mes de marzo 2018

<b>COSTO DE PRUEBAS MES MARZO - 2018</b>								
<b>Pruebas</b>	<b>CART (\$)</b>	<b>SAN-G (\$)</b>	<b>Tal/p</b>	<b>Cartuflex (\$)</b>	<b>SAN-G-CARTUFLEX (\$)</b>	<b>SAN-G SIN CART (\$)</b>	<b>c/t (kg/t) CART</b>	<b>c/t (kg/t) SIN CART</b>
p-1	8	0.65	77	616	9687.1775	11664.1525	193.55	233.05
p-2	8	0.65	65	520	8177.4875	9846.3625	193.55	233.05
p-3	8	0.65	75	600	9435.5625	11361.1875	193.55	233.05
p-4	8	0.65	83	664	10442.0225	12573.0475	193.55	233.05
P-5	8	0.65	107	856	13461.4025	16208.6275	193.55	233.05
TOTAL			<b>407</b>	<b>3256</b>	<b>54459.6525</b>	<b>61653.3775</b>		
AHORRO ECONOMICO						<b>\$ 7193.725</b>		

Fuente: Elaboración propia, 2018

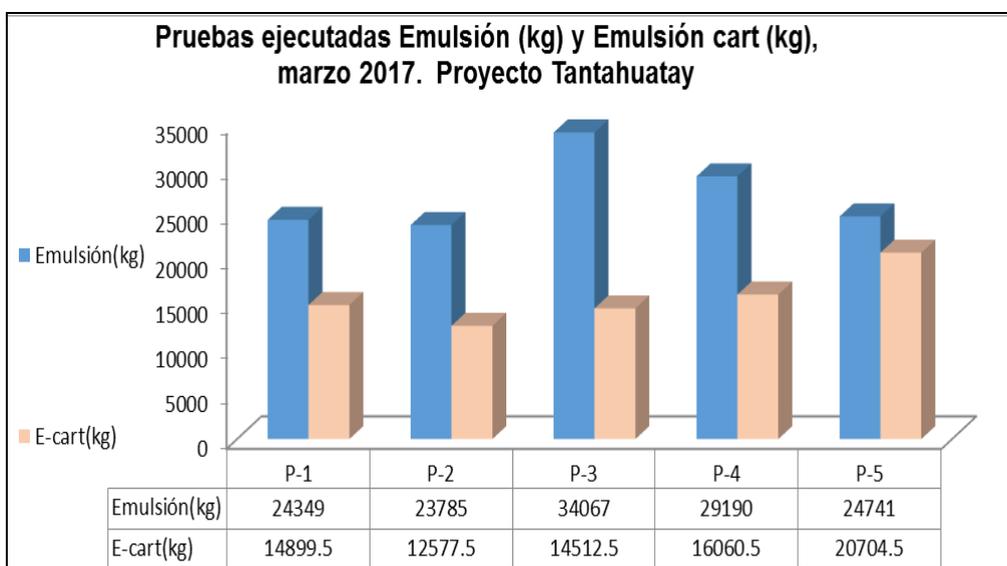
También se tiene un costo de las bolsas Cartuflex de \$ 3256, el cual genero un ahorro económico durante el mes de marzo de \$ 7,193.725.



**Figura 33.** Pruebas ejecutadas Tal/p-Cartuflex, marzo 2018.

**Fuente:** Perforación y Voladura San Martín C.G.S.A. Proyecto Tantahuatay

En la Figura 33, se muestran los proyectos volados de Tal/p-Cartuflex, del mes de marzo de 2018, se observa que el proyecto p-5 presenta mayor número de taladros de producción de 107 Tal/p Cartuflex, seguido del proyecto p-4 con 83 Tal/p y Cartuflex, lo que infiere que se tendrá un mejor ahorro económico por malla volada.



**Figura 34.** Pruebas de Emulsión (kg) y Emulsión Cart (kg), marzo 2018

**Fuente:** Perforación y Voladura San Martín C.G.S.A. Proyecto Tantahuatay

En la Figura 34, de Pruebas de Emulsión (kg) y Emulsión con Cartuflex (kg) de marzo 2018, se observa el consumo de San-G en el carguío de taladros tanto al aplicar las bolsas Cartuflex como al no aplicarlas, haciendo una gran diferencia al aplicar las bolsas Cartuflex. En el

proyecto p-3 se presenta mayor concentración de emulsión con 34067 Kg sin aplicar las bolsas como cámaras de aire en el fondo de los taladros y a su vez se presenta el consumo de San-G al aplicar las bolsas Cartuflex con un consumo de 14,512.5 kg de emulsión San-G logrando una reducción a la compra de emulsión.

### **Análisis de fragmentación del mineral del mes de marzo 2018.**

La fragmentación del mineral durante el mes de marzo alcanzo a 3.80 pulgadas, mejorando las actividades de carguío y acarreo de mineral hacia el pad de lixiviación, así mismo ayuda en la recuperación metalúrgica haciendo que el proceso sea más rápido (Ver figura, 35).

			ANÁLISIS DE FRAGMENTACION MARZO-2017						
BANCO	PROYECTO	POLIGONO	COORDENADAS		FECHA	N° DE FOTOS	P-80	P-90	TOP-SIZE
			ESTE	NORTE					
3892	018	068	758055.494	9255933.734	15/03/2017	3	2.87	4.08	9.79
3892	019	071	757964.438	9256035.152	22/03/2017	3	3.04	4.41	9.51
3892	020	072	757943.336	9256046.437	23/03/2017	2	3.02	4.33	10.37
<b>PROMEDIO</b>						<b>8</b>	<b>2.98</b>	<b>4.27</b>	<b>9.89</b>
BANCO	PROYECTO	POLIGONO	COORDENADAS		FECHA	N° DE FOTOS	P-80	P-90	TOP-SIZE
			ESTE	NORTE					
3900	032	036	758185.316	9256231.661	02/03/2017	3	4.91	6.08	11.30
3900	032	036	757978.153	9256255.721	03/03/2017	3	4.33	5.74	10.11
<b>PROMEDIO</b>						<b>6</b>	<b>4.62</b>	<b>5.91</b>	<b>10.71</b>
<b>TOTAL DE FOTOS</b>						<b>14</b>			
<b>PROMEDIO PONDERADO/ TONELAJE</b>							<b>3.80</b>	<b>5.09</b>	<b>10.30</b>

**Figura 35.** Resultados de fragmentación de mineral marzo, 2018

**Fuente:** área de perforación y voladura minera Coimolache S.A, 2018

#### **d. Pruebas aplicando Cartuflex: Abril 2018**

Durante el mes de abril se ejecutaron 10 proyectos volados con bolsas Cartuflex en los taladros de producción, El consumo total de emulsión San-G® es de 316,801 kg con un costo de \$ 205.920,65 (Ver Tabla 18):

**Tabla 18.**

Pruebas realizadas con bolsas Cartuflex, mes de abril 2018

<b>PRUEBAS MES DE ABRIL-2018</b>								
<b>Pruebas</b>	<b>Nivel</b>	<b>Fecha</b>	<b>Tal/p</b>	<b>Cartu flex</b>	<b>Emulsión(kg )</b>	<b>Malla</b>	<b>E-Cart(kg)</b>	<b>c/t (kg/t)</b>
P-1	3892-21	01/04/2018	98	98	33648	190	18967.9	193.55
P-2	3892-23	06/04/2018	117	117	34135	178	22645.35	193.55
P-3	3892-24	08/04/2007	136	136	41241	224	26322.8	193.55
P-4	3892-25	10/04/2018	130	130	37104	194	25161.5	193.55
P-5	3932-30	15/04/2018	97	97	28410	190	18774.35	193.55
P-6	3884-02	18/04/2018	76	76	30088	164	14709.8	193.55
P-7	3932-31	20/04/2018	75	75	24184	151	14516.25	193.55
p-8	3932-32	23/04/2018	79	79	26915	146	15290.45	193.55
p-9	3884-04	28/04/2018	117	117	28456	191	22645.35	193.55
p-10	3884-03	30/04/2018	89	89	32620	191	17225.95	193.55
<b>TOTAL</b>			<b>1014</b>	<b>1014</b>	<b>316801</b>	<b>1819</b>	<b>196259.7</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

El consumo de SAN-G en los taladros producción aplicando Cartuflex es de \$ 135.680,81 y el costo de taladros de producción sin aplicar Cartuflex es de \$153.603,26 obteniendo un ahorro de **\$ 17.922,45**. Tal como se muestra en la siguiente tabla (Ver Tabla 19):

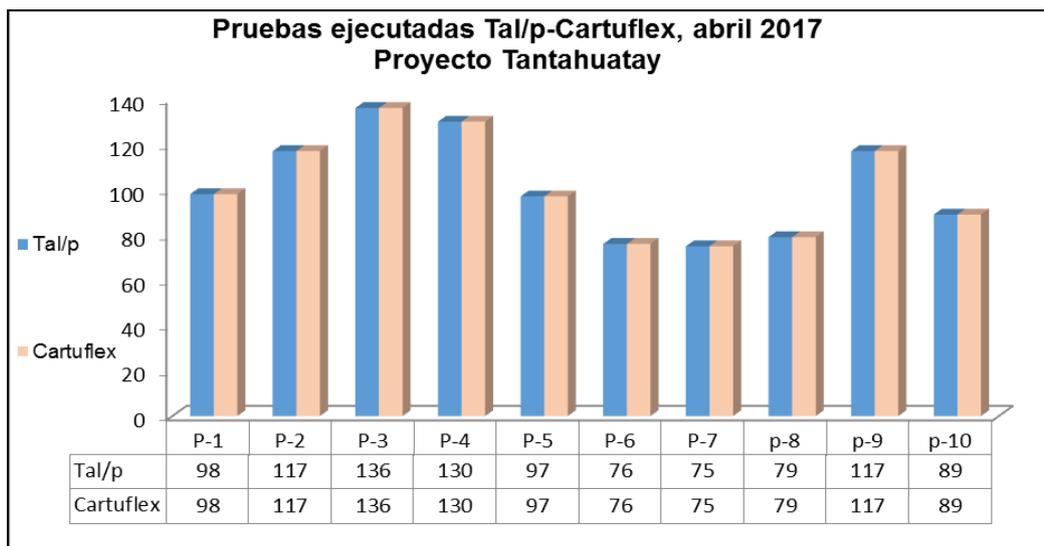
**Tabla 19.**

Costo de pruebas con bolsas Cartuflex, mes de abril 2018

<b>COSTO DE PRUEBAS MES ABRIL - 2018</b>								
<b>Pruebas</b>	<b>CART (\$)</b>	<b>SAN-G (\$)</b>	<b>Tal/p</b>	<b>Cartuflex (\$)</b>	<b>SAN-G-CARTUFLEX (\$)</b>	<b>SAN-G SIN CART(\$)</b>	<b>c/t (kg/t) CART</b>	<b>c/t (kg/t) SIN CART</b>
p-1	8	0.65	98	784	12329.135	14845.285	193.55	233.05
p-2	8	0.65	117	936	14719.4775	17723.4525	193.55	233.05
p-3	8	0.65	136	1088	17109.82	20601.62	193.55	233.05
p-4	8	0.65	130	1040	16354.975	19692.725	193.55	233.05
P-5	8	0.65	97	776	12203.3275	14693.8025	193.55	233.05
P-6	8	0.65	76	608	9561.37	11512.67	193.55	233.05
P-7	8	0.65	75	600	9435.5625	11361.1875	193.55	233.05
P-8	8	0.65	79	632	9938.7925	11967.1175	193.55	233.05
P-9	8	0.65	117	936	14719.4775	17723.4525	193.55	233.05
P-10	8	0.65	89	712	11196.8675	13481.9425	193.55	233.05
<b>TOTAL</b>			<b>1014</b>	<b>8112</b>	<b>135680.805</b>	<b>153603.255</b>		
<b>AHORRO ECONOMICO</b>					<b>\$17.922,45</b>			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

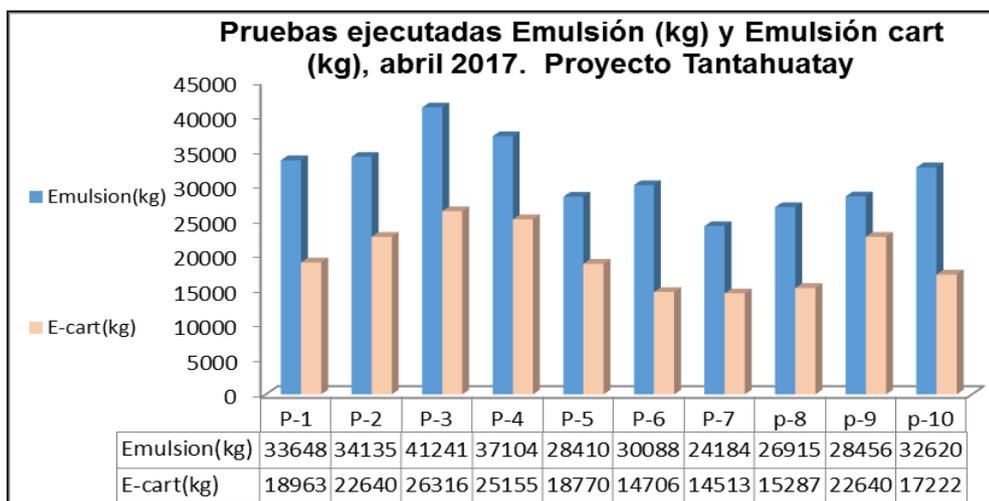
El consumo de bolsas Cartuflex durante del mes de abril es de 1014 unidades con un costo de \$ 8112, obteniendo un ahorro durante el mes de \$ 17,922.45.



**Figura 36.** Pruebas ejecutadas Tal/p-Cartuflex, abril 2018.

**Fuente:** Perforación y Voladura San Martin C.G.S.A. Proyecto Tantahuatay

En la Figura 36, de Pruebas ejecutadas Tal/p-Cartuflex, del mes de abril de 2018, se observa que el proyecto p-3 presenta mayor número de taladros de producción y consumo de bolsas Cartuflex con 136 para Tal/p y Cartuflex, seguido del proyecto p-4 con 130 para Tal/p y para Cartuflex, lo que generara mayores resultados de fragmentación de mineral y así mismo mayor ahorro económico.



**Figura 37.** Pruebas de Emulsión (kg) y Emulsión Cart (kg), abril 2018

**Fuente:** Perforación y Voladura San Martin C.G.S.A. Proyecto Tantahuatay

En la Figura 37, se puede apreciar el consumo de emulsión San-G® al aplicar las bolsas Cartuflex y así mismo se refleja el consumo de San-G sin la aplicación de las bolsas Cartuflex en los taladros de producción del Proyecto Tantahuatay de abril 2018, se observa que el proyecto p-3

presenta mayor concentración de emulsión con 41,241 Kg de San-G sin aplicar bolsas Cartuflex, así mismo se refleja el consumo de taladros de producción de 26,316 kg aplicando las bolsas Cartuflex, el proyecto p-4 presenta un consumo de 25,155 kg de emulsión, seguido del proyecto p-2 que presenta una concentración de emulsión de 22,640 Kg, Lo que indica que al aplicar las bolsas Cartuflex genera un ahorro económico en la compra de emulsión San-G y así mismo mejorando la calidad de la fragmentación del mineral.

### Análisis de fragmentación del mineral del mes de abril 2018.

Así mismo a la reducción de costos se suma la fragmentación del mineral promedio durante el mes de marzo que alcanzo a 3.80 pulgadas (Ver figura, 38).

			ANÁLISIS DE FRAGMENTACION ABRIL- 2017						
BANCO	PROYECTO	POLIGONO	COORDENADAS		FECHA	N° DE FOTOS	P-80	P-90	TOP-SIZE
			ESTE	NORTE					
3884	002	010	758017.952	9255981.235	27/04/2017	4	2.85	4.20	7.96
3884	003	010	757996.546	9255976.910	29/04/2017	3	3.45	4.84	9.69
3884	004	009	758068.823	9255930.218	30/04/2017	3	2.82	4.02	8.70
<b>PROMEDIO</b>						<b>10</b>	<b>3.04</b>	<b>4.35</b>	<b>8.78</b>
BANCO	PROYECTO	POLIGONO	COORDENADAS		FECHA	N° DE FOTOS	P-80	P-90	TOP-SIZE
			ESTE	NORTE					
3892	021	076	757976.250	9256207.109	12/04/2017	4	3.72	4.95	10.72
3892	021	077	757969.942	9256228.731	14/04/2017	3	4.84	5.95	9.58
3892	021	080	758003.903	9256245.621	22/04/2017	3	3.80	5.26	11.98
3892	023	084	758089.686	9256274.455	19/04/2017	3	4.27	5.87	10.48
3892	023	085	758061.556	9256256.535	25/04/2017	3	4.50	5.79	10.56
3892	024	087	758181.627	9256203.770	13/04/2017	3	4.07	5.37	10.19
3892	025	090	758187.804	9256243.650	16/04/2017	3	5.24	6.63	12.75
3892	025	091	758153.943	9256261.694	18/04/2017	4	4.23	5.79	11.22
<b>PROMEDIO</b>						<b>26</b>	<b>4.33</b>	<b>5.70</b>	<b>10.94</b>
BANCO	PROYECTO	POLIGONO	COORDENADAS		FECHA	N° DE FOTOS	P-80	P-90	TOP-SIZE
			ESTE	NORTE					
3932	032	155	757875.645	9255941.119	24/04/2017	4	3.54	5.04	10.20
3932	031	153	757836.678	9256043.660	27/04/2017	3	3.68	4.92	8.58
3932	031	153	757848.997	9256058.207	28/04/2017	3	2.70	3.85	10.79
3932	032	155	757875.645	9255941.119	24/04/2017	4	3.54	5.04	10.20
3932	032	154	757865.025	9255975.019	25/04/2017	3	4.15	5.25	8.71
<b>PROMEDIO</b>						<b>4</b>	<b>3.52</b>	<b>4.82</b>	<b>9.70</b>
<b>TOTAL DE FOTOS</b>						<b>40</b>			
<b>PROMEDIO PONDERADO/ TONELAJE</b>							<b>3.63</b>	<b>4.96</b>	<b>9.81</b>

**Figura 38.** Resultados de fragmentación de mineral abril, 2018

**Fuente:** área de perforación y voladura minera Coimolache S.A, 2018

**e. Pruebas aplicando bolsas Cartuflex: Mayo 2018.**

En este mes, se ejecutaron 5 proyectos volados donde se realizaron las pruebas en los taladros de producción donde se obtuvo un consumo de 140,489 kg de emulsión San-G® en todos los proyectos volados durante del mes de mayo, con un costo de \$ 91,317.85. (Ver Tabla 20):

**Tabla 20.**

Pruebas realizadas con bolsas Cartuflex, mes de mayo 2018

PRUEBAS MES DE MAYO-2018								
Pruebas	Nivel	Fecha	Tal/p	Cartuflex	Emulsión(kg)	Malla	E-Cart(kg)	c/t (kg/t)
P-1	3884-05	04/05/2018	98	98	30531	167	18967.9	193.55
P-2	3932-33	06/05/2018	76	76	18740	124	14709.8	193.55
P-3	3932-34	10/05/2018	62	62	22416	164	12000.1	193.55
P-4	3924-29	17/05/2018	63	63	19087	107	12193.65	193.55
P-5	3884-09	21/05/2018	180	180	49715	260	34839	193.55
TOTAL			<b>479</b>	<b>479</b>	<b>140489</b>	<b>822</b>	<b>92710.45</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

El consumo de San-G® en los taladros producción aplicando Cartuflex es de \$ 64.093,79 y el costo de taladros de producción sin aplicar Cartuflex es de \$72.560,12 obteniendo un ahorro de **\$ 8.466,33**. Tal como se muestra en la siguiente tabla (Ver Tabla 21):

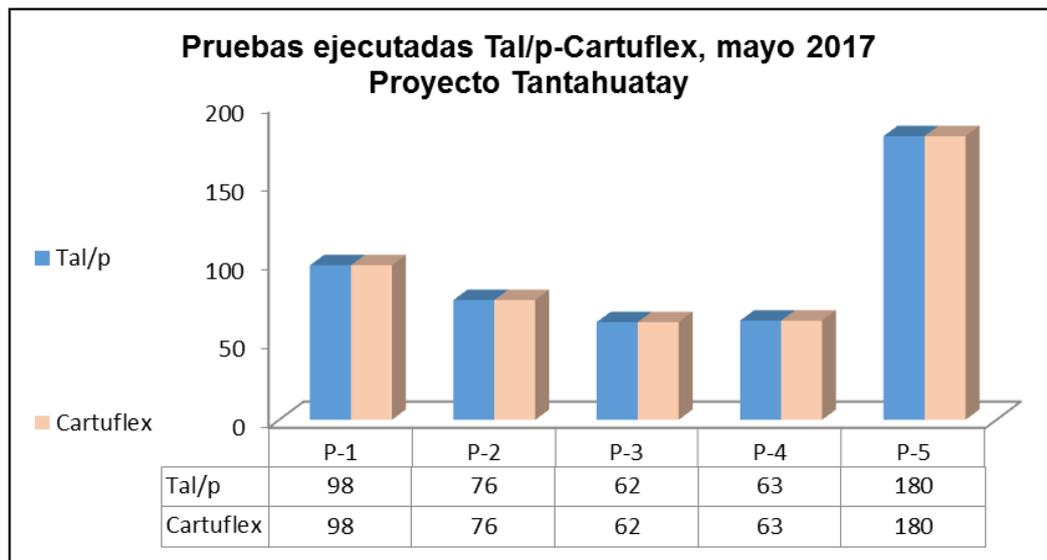
**Tabla 21.**

Costo de pruebas con bolsas Cartuflex, mes de mayo 2018

COSTOS DE PRUEBAS MES MAYO – 2018								
Pruebas	CART (\$)	SAN-G (\$)	Tal/p	Cartuflex (\$)	SAN-G-CARTUFLEX (\$)	SAN-G SIN CART(\$)	c/t (kg/t) CART	c/t (kg/t) SIN CART
p-1	8	0.65	98	784	12329.135	14845.285	193.55	233.05
p-2	8	0.65	76	608	9561.37	11512.67	193.55	233.05
p-3	8	0.65	62	496	7800.065	9391.915	193.55	233.05
p-4	8	0.65	63	504	7925.8725	9543.3975	193.55	233.05
P-5	8	0.65	180	1440	22645.35	27266.85	193.55	233.05
AHORRO ECONOMICO			<b>479</b>	<b>3832</b>	<b>64093.7925</b>	<b>72560.1175</b>		<b>\$ 8466.325</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018.

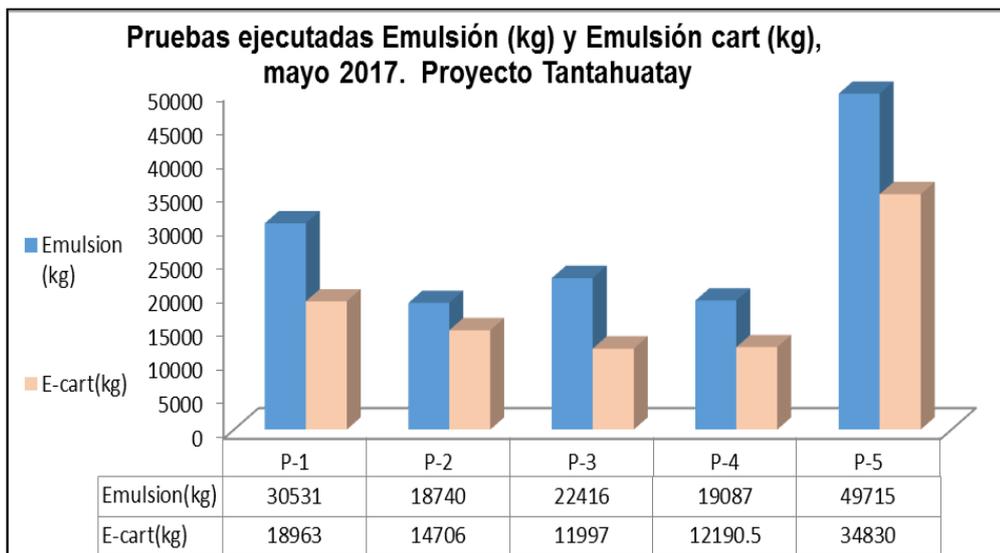
En la tabla 21 se muestra el consumo de bolsas Cartuflex de 479 unidades con un costo de \$ 3832, generando un ahorro económico durante el mes de mayo de \$ 8,466.325.



**Figura 39.** Pruebas ejecutadas Tal/p-Cartuflex, mayo 2018

**Fuente:** Perforación y Voladura San Martin C.G.S.A. Proyecto Tantahuatay

En la Figura 39, de Pruebas ejecutadas Tal/p-Cartuflex, del mes de mayo del 2018, se observa que el proyecto p-5 presenta mayor número con 180 para Tal/p y para Cartuflex, seguido de la prueba p-1 con 98 para Tal/p y para Cartuflex, lo que indica que el consumo de bolsas Cartuflex es igual a la cantidad de taladros de producción.



**Figura 40.** Pruebas de Emulsión (kg) y Emulsión Cart (kg), mayo 2018

**Fuente:** Perforación y Voladura San Martin C.G.S.A. Proyecto Tantahuatay.

En la Figura 40, de Pruebas de Emulsión (kg) y Emulsión Cart (kg) de mayo del 2018, se observa que el proyecto p-5 presenta menor concentración de emulsión en los taladros de producción con 34,830 Kg

de San-G® aplicando las bolsas Cartuflex, frente al consumo mayor de 49,715 kg de emulsión San-G® sin aplicar las bolsas Cartuflex, el proyecto p-1 presenta la concentración de emulsión de 18,963 Kg, seguido del proyecto p-3 que presenta una concentración de emulsión de 11,997 Kg, así mismo la cuarta concentración de emulsión lo presenta la prueba p-2 con 14,706 Kg. Lo que infiere que al aplicar las bolsas Cartuflex como cámaras de aire en el fondo de los taladros de producción se genera un ahorro económico aceptable por proyecto volado.

### Análisis de fragmentación del mineral del mes de mayo 2018.

La fragmentación del mineral promedio durante el mes de mayo alcanzó a 3.63 pulgadas (Ver figura, 41).

COORDENADAS			FECHA	N° DE FOTOS	P-80	P-90	TOP-SIZE		
BANCO	PROYECTO	POLIGONO						ESTE	NORTE
3884	002	010	758017.952	9255981.235	27/04/2017	4	2.85	4.20	7.96
3884	003	010	757996.546	9255976.910	29/04/2017	3	3.45	4.84	9.69
3884	004	009	758068.823	9255930.218	30/04/2017	3	2.82	4.02	8.70
<b>PROMEDIO</b>						<b>10</b>	<b>3.04</b>	<b>4.35</b>	<b>8.78</b>
COORDENADAS			FECHA	N° DE FOTOS	P-80	P-90	TOP-SIZE		
BANCO	PROYECTO	POLIGONO						ESTE	NORTE
3892	021	076	757976.250	9256207.109	12/04/2017	4	3.72	4.95	10.72
3892	021	077	757969.942	9256228.731	14/04/2017	3	4.84	5.95	9.58
3892	021	080	758003.903	9256245.621	22/04/2017	3	3.80	5.26	11.98
3892	023	084	758089.686	9256274.455	19/04/2017	3	4.27	5.87	10.48
3892	023	085	758061.556	9256256.535	25/04/2017	3	4.50	5.79	10.56
3892	024	087	758181.627	9256203.770	13/04/2017	3	4.07	5.37	10.19
3892	025	090	758187.804	9256243.650	16/04/2017	3	5.24	6.63	12.75
3892	025	091	758153.943	9256261.694	18/04/2017	4	4.23	5.79	11.22
<b>PROMEDIO</b>						<b>26</b>	<b>4.33</b>	<b>5.70</b>	<b>10.94</b>
COORDENADAS			FECHA	N° DE FOTOS	P-80	P-90	TOP-SIZE		
BANCO	PROYECTO	POLIGONO						ESTE	NORTE
3932	032	155	757875.645	9255941.119	24/04/2017	4	3.54	5.04	10.20
3932	031	153	757836.678	9256043.660	27/04/2017	3	3.68	4.92	8.58
3932	031	153	757848.997	9256058.207	28/04/2017	3	2.70	3.85	10.79
3932	032	155	757875.645	9255941.119	24/04/2017	4	3.54	5.04	10.20
3932	032	154	757865.025	9255975.019	25/04/2017	3	4.15	5.25	8.71
<b>PROMEDIO</b>						<b>4</b>	<b>3.52</b>	<b>4.82</b>	<b>9.70</b>
<b>TOTAL DE FOTOS</b>						<b>40</b>			
<b>PROMEDIO PONDERADO/ TONELAJE</b>							<b>3.63</b>	<b>4.96</b>	<b>9.81</b>

Figura 41. Resultados de fragmentación de mineral mayo, 2018.

Fuente: área de perforación y voladura minera Coimolache S.A, 2018

**f. Pruebas aplicando bolsas Cartuflex: Junio 2018.**

En este mes se ejecutaron 5 proyectos volados, donde se realizaron las pruebas en los taladros de producción el cual se obtuvo un consumo de 158,526 kg de emulsión San-G® en todos los proyectos volados con un costo de \$ 103.041,9. (Ver Tabla 22):

**Tabla 22.**

Pruebas realizadas con bolsas Cartuflex, mes de junio 2018

PRUEBAS MES DE JUNIO-2018								
Pruebas	Nivel	Fecha	Tal/p	Car tufl ex	Emulsión (kg)	Malla	E- Cart(kg)	c/t (kg/t)
P-1	3883-05	05/06/2018	97	97	28410	164	18774.35	193.55
P-2	3883-06	04/06/2018	76	76	30088	132	14709.8	193.55
P-3	3886-12	11/06/2018	191	191	37189	167	36968.05	193.55
P-4	3986-17	17/06/2018	111	111	34383	112	21484.05	193.55
P-5	3940-50	30/06/2018	117	117	28456	264	22645.35	193.55
TOTAL			<b>592</b>	<b>592</b>	<b>158526</b>	<b>839</b>	114581.6	193.55

Fuente: Elaboración propia, 2018

El costo en el consumo de SAN-G® en los taladros producción aplicando Cartuflex es de \$ 793.214,04 y el costo de taladros de producción sin aplicar Cartuflex es de \$ 89.677,64 obteniendo un ahorro de **\$ 10.463,6**.

Tal como se muestra en la siguiente tabla (Ver Tabla 23):

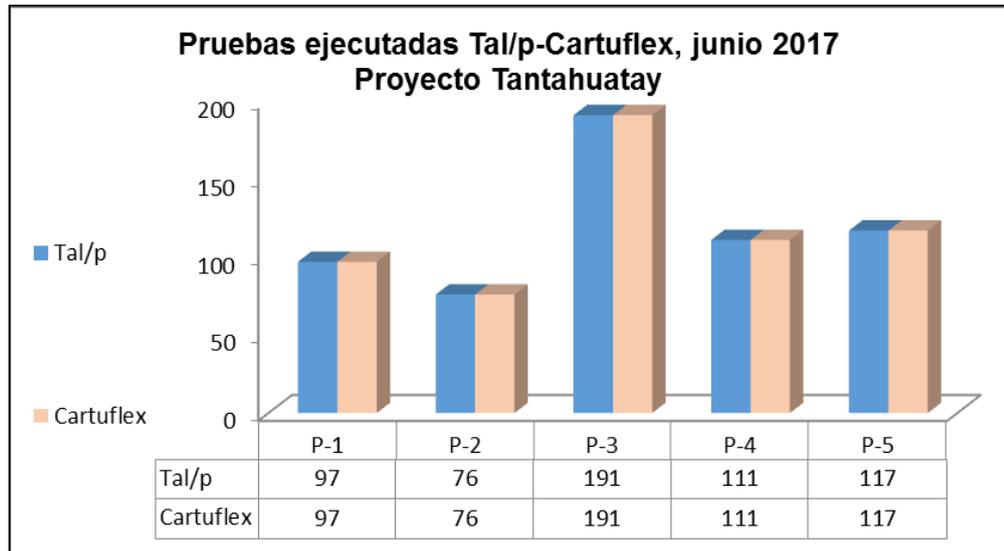
**Tabla 23.**

Costo de pruebas con bolsas Cartuflex, mes de junio 2018

COSTO DE PRUEBAS MES JUNIO - 2018								
Prue bas	CAR T (\$)	SAN- G (\$)	Tal/p	Cartu flex (\$)	SAN-G- CARTUFLEX (\$)	SAN-G SIN CART(\$)	c/t (kg/t) CART	c/t (kg/t) SIN CART
p-1	8	0.65	97	776	12203.3275	14693.8025	193.55	233.05
p-2	8	0.65	76	608	9561.37	11512.67	193.55	233.05
p-3	8	0.65	191	1528	24029.2325	28933.1575	193.55	233.05
p-4	8	0.65	111	888	13964.6325	16814.5575	193.55	233.05
P-5	8	0.65	117	936	14719.4775	17723.4525	193.55	233.05
TOTAL			<b>592</b>	<b>4736</b>	<b>79214.04</b>	<b>89677.64</b>		
AHORRO ECONOMICO					<b>\$ 10463.6</b>			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

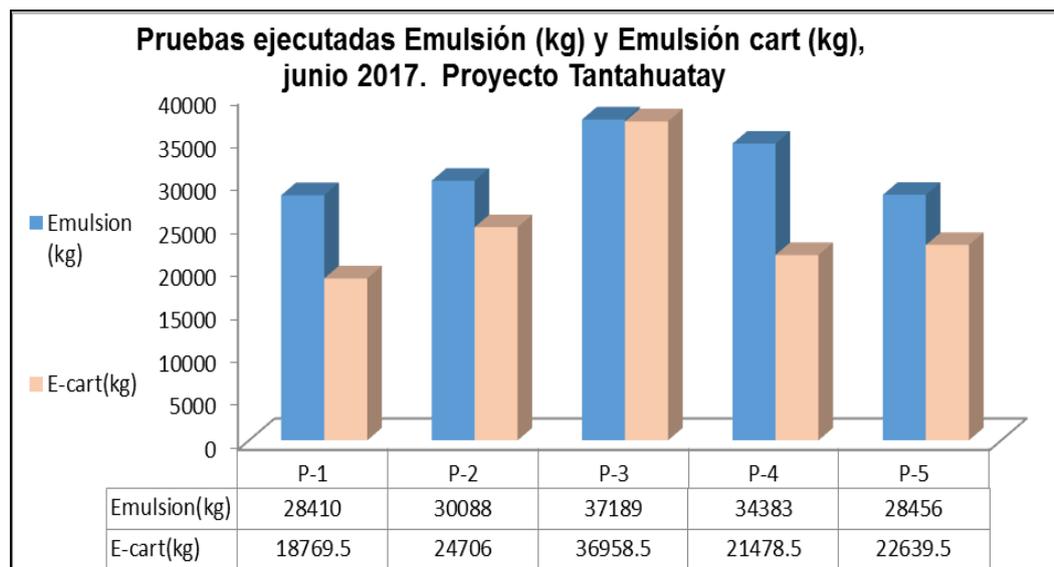
También en la tabla 28 se muestra el consumo de bolsas Cartuflex y su costo de \$ 4.736, el cual está incluido al costo de producción de taladros con Cartuflex, generando un ahorro económico de \$ 10.463.6.



**Figura 42.** Pruebas ejecutadas Tal/p-Cartuflex, junio 2018

**Fuente:** Perforación y Voladura San Martin C.G.S.A. Proyecto Tantahuatay

En la Figura 42, de Pruebas ejecutadas Tal/p-Cartuflex, del mes de junio del 2018, se observa que las pruebas p-3 presentan mayor número con 191 para Tal/p y para Cartuflex, seguido de la prueba p-5 con 117 para Tal/p y para Cartuflex, lo que infiere mayor ahorro económico y mejor calidad de fragmentación del material rocoso.



**Figura 43.** Pruebas de Emulsión (kg) y Emulsión Cart (kg), junio 2018

**Fuente:** Perforación y Voladura San Martin C.G.S.A. Proyecto Tantahuatay.

En la Figura 43, de Pruebas de Emulsión (kg) y Emulsión con Cartuflex (kg) de junio del 2018, se observa que el proyecto p-3 presenta menor concentración de emulsión en los taladros de producción con 36,958.5 Kg, aplicando bolsas Cartuflex, a diferencia de los 37189 kg de emulsión sin aplicar las bolsas Cartuflex, el proyecto p-4 presenta la menor concentración de emulsión con 34,383 Kg de San-G®, seguido del proyecto p-2 que presenta una concentración de emulsión de 24,706 Kg en los taladros de producción, lo que infiere que se generaría mayor ahorro económico para la malla volada.

### **Análisis de fragmentación del mineral del mes de junio 2018**

La fragmentación del mineral promedio durante el mes de junio alcanzó a 3.97 pulgadas, estos resultados se obtuvieron de las fotos tomadas en campo y luego fueron procesado mediante el software Split, la fragmentación del mineral es buena ya que con esta calidad granulometría la recuperación metalúrgica será mucho mejor, así mismo las actividades de carguío y acarreo incrementaron su producción cumpliendo con las metas establecidas por mina (Ver figura, 44).

			ANÁLISIS DE FRAGMENTACION JUNIO- 2017						
BANCO	PROYECTO	POLIGONO	COORDENADAS		FECHA	N° DE FOTOS	P-80	P-90	TOP-SIZE
			ESTE	NORTE					
3886	012	008	758099.047	9256267.814	14/06/2017	3	4.43	5.51	9.58
3986	17	004	757972.133	9256159.447	09/06/2017	3	3.90	5.28	10.12
3940	050	115	757813.404	9256078.561	04/06/2017	3	3.80	5.07	11.03
<b>PROMEDIO</b>						<b>9</b>	<b>4.04</b>	<b>5.29</b>	<b>10.24</b>
BANCO	PROYECTO	POLIGONO	COORDENADAS		FECHA	N° DE FOTOS	P-80	P-90	TOP-SIZE
			ESTE	NORTE					
3883	005	007	757986.909	9256024.090	05/06/2017	3	3.76	4.95	8.15
3883	005	002	757958.378	9256053.666	06/06/2017	3	3.64	4.89	9.61
3883	006	004	757958.468	9256137.414	07/06/2017	3	4.13	5.21	10.33
3883	006	003	757987.027	9256103.521	08/06/2017	2	3.80	5.57	9.12
3883	006	004	757972.133	9256159.447	09/06/2017	3	4.10	5.28	10.12
<b>PROMEDIO</b>						<b>14</b>	<b>3.89</b>	<b>5.18</b>	<b>9.47</b>
<b>TOTAL DE FOTOS</b>						<b>23</b>			
<b>PROMEDIO PONDERADO/ TONELAJE</b>							<b>3.97</b>	<b>5.24</b>	<b>9.86</b>

**Figura 44.** Resultados de fragmentación de mineral junio, 2018

**Fuente:** área de perforación y voladura minera Coimolache S.A, 2018

### 3.3. Análisis de costos después de la aplicación de las bolsas Cartuflex.

Para el análisis de costos DESPUÉS de la aplicación de bolsas Cartuflex y reducir costos de emulsión gasificable San-G® en el carguío de taladros del área de voladura, se consideró los costos de agentes y productos para voladura como se especifica (Ver Tabla 24):

**Tabla 24.**  
Costos de agentes y productos para voladura

<b>COSTOS DE CARTUFLEX Y EMULSION GASIFICABLE SAN-G</b>		
<b>PRODUCTO</b>	<b>Costo (\$)</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>Emulsión</b>	504	\$/Tn
<b>San-G</b>	0.65	\$/Kg
<b>Cartuflex</b>	256	\$/Caja
<b>Cartuflex</b>	8	\$/und
<b>Emulsión</b>	39.5	Kg/m

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

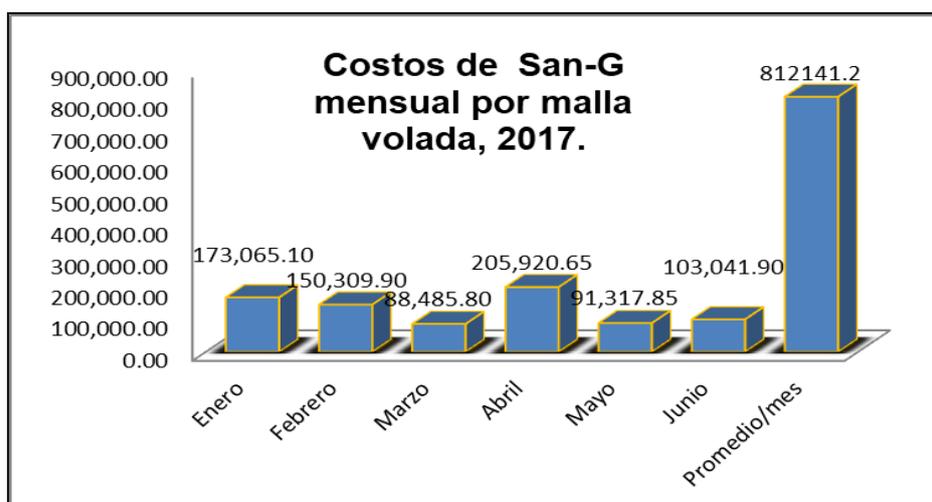
#### 3.3.1. Resumen de costos por mes de aplicación

El presente trabajo de investigación realizado desde el 09 de enero al 09 de junio de 2018, muestra el consumo de emulsión gasificable San-G® de los meses de enero hasta junio, no lo considera a julio por que se cumple la programación quincenal de voladura, como se muestra a continuación:

**Tabla 25.**  
Resumen de costos por mes de aplicación

<b>Pruebas/mes</b>	<b>Emulsión(kg)</b>	<b>Costo (\$)</b>	<b>\$</b>
<b>Enero</b>	266,254	0.65	173,065.1
<b>Febrero</b>	231,246	0.65	150,309.9
<b>Marzo</b>	136,132	0.65	88,485.8
<b>Abril</b>	316,801	0.65	205.920,65
<b>Mayo</b>	140,489	0.65	91,317.85
<b>Junio</b>	158,526	0.65	103,041.9
<b>Promedio/mes</b>	<b>237627</b>		

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.



**Figura 45.** Costos de San-G® por malla volada, 2018  
**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

En la Tabla 25, de resumen de costos por mes de emulsión San-G 2018, se aprecia que el mayor costo generado por mes, Después de la aplicación del Cartuflex Blocker Hole es en el mes abril con 316801 Kg de emulsión gasificable que genera un costo de \$ 205,920.65. Seguido del mes de enero de 266,254 Kg de emulsión gasificable que genera un costo de \$ 173,065.1. Así como también el mes de febrero con 231,246 Kg de emulsión gasificable que genera un costo de \$ 150,309.9. Lo que influye que se genere más ahorro económico aplicando las bolsas Cartuflex.

### 3.3.2. Resumen de costos generados durante el periodo de investigación

#### a. Resumen de costos en taladros de producción.

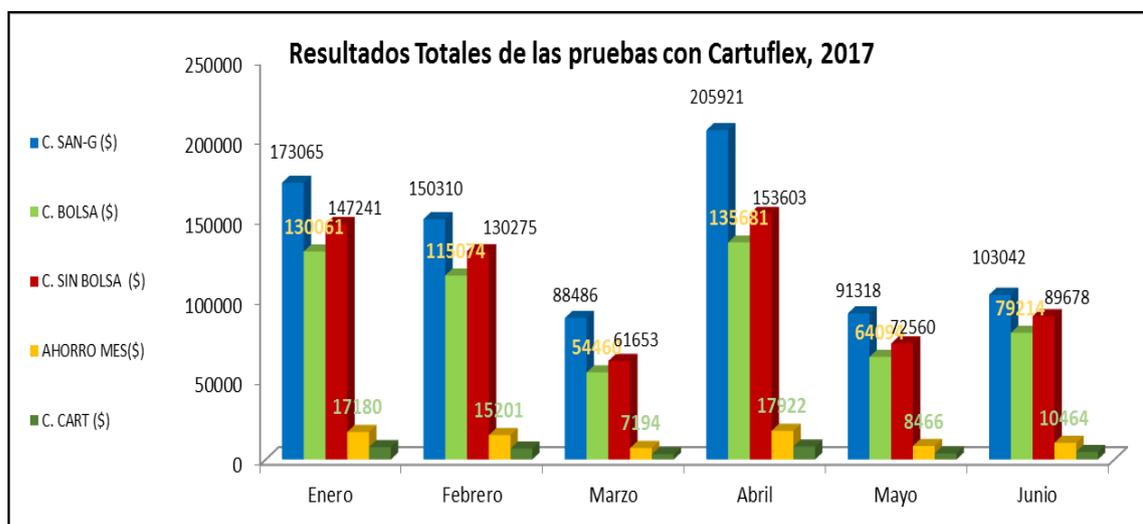
El presente trabajo de investigación realizado desde el 09 de enero al 09 de junio de 2018, muestra el resumen de costos en taladros de producción como se detalla:

**Tabla 26.**

Resumen de costos por mes de aplicación

Costo Total de SAN-G Pruebas Realizadas ENERO- JUNIO					
MES	C. SAN-G (\$)	C. BOLSA (\$)	C. SIN BOLSA (\$)	AHORRO MES (\$)	C. CART (\$)
<b>Enero</b>	173,065.10	130,060.89	147,240.99	17,180.10	7776
<b>Febrero</b>	150,309.90	115,074.45	130,274.95	15,200.50	6880
<b>Marzo</b>	88,485.80	54,459.65	61,653.38	7,193.73	3256
<b>Abril</b>	205,920.65	135,680.81	153,603.26	17,922.45	8112
<b>Mayo</b>	91,317.85	64,093.79	72,560.12	8,466.33	3832
<b>Junio</b>	103,041.90	79,214.04	89,677.64	10,463.60	4736
<b>Total</b>	<b>812,141.20</b>	<b>578,583.63</b>	<b>655,010.34</b>	<b>76,426.71</b>	<b>34592</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018.

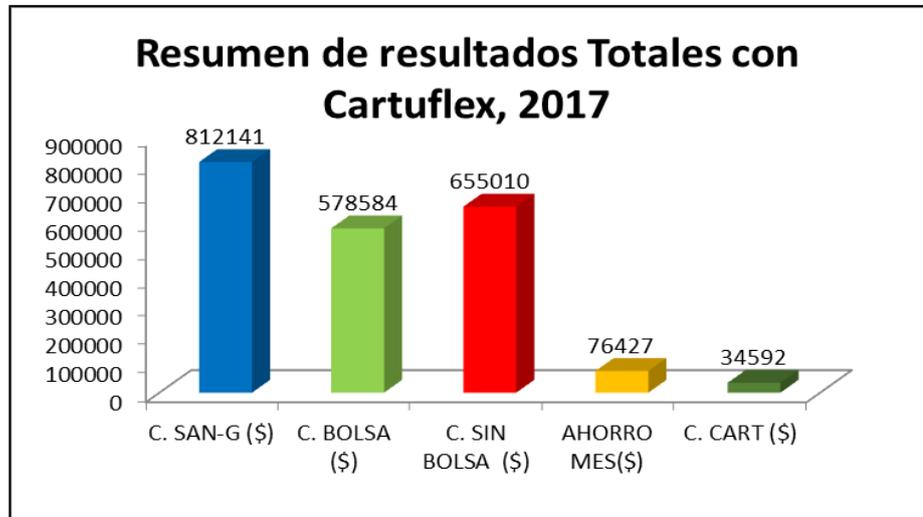


**Figura 46.** Costos con Cartuflex y sin Cartuflex, 2018

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la Tabla 26, en el resumen de costos por mes de la aplicación de las bolsas Cartuflex, 2018, donde podemos evaluar si la aplicación del Cartuflex genera resultados positivos se tiene lo siguiente; se aprecia que el mayor costo generado por mes, es en el mes de abril con \$ 205,921 en consumo de emulsión San-G®. así mismo el costo de los taladros de producción sin aplicar la bolsa Cartuflex de \$ 153,603 y con la aplicación del Cartuflex con un costo de \$ 135,681 el cual genera un ahorro económico de \$ 17,922, Seguido del mes de enero con un costo en compra de San-G® de \$ 173, 065 de consumo, así mismo se refleja el costo de emulsión San-G® en los taladros de producción sin aplicar las

bolsas Cartuflex de \$ 147,241 y así mismo el costo en los taladros de producción aplicando las bolsas Cartuflex es de \$ 130,061 con un ahorro de \$ 17,180.1



**Figura 47.** Resumen de resultados totales con Cartuflex, 2018  
**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

En la tabla 47 se puede definir claramente los resultados positivos de la aplicación de las bolsas Cartuflex en los taladros de producción durante el periodo de ejecución, en la figura 29 se aprecia que el consumo de emulsión San-G® total durante el periodo de ejecución es de \$ 812,141, a esto se le suma los taladros de ayudas y buffers. El costo total sin la aplicación de las bolsas Cartuflex en los taladros de producción es de \$ 655,010 haciendo que su costo es más elevado comparado al costo de los taladros de producción donde sí se aplicaron las bolsas Cartuflex con un costo de \$ 578,584, generando una ganancia para la empresa de \$ **76,427**. Así mismo con la aplicación de las bolsas Cartuflex da como resultado una buena fragmentación del mineral con un promedio de 3.81 pulgadas, también con la aplicación de las bolsas Cartuflex se logró reducir las vibraciones por las voladuras realizadas, dando una buena imagen a la comunidad y al cuidado del medio ambiente.

## **CAPITULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPOTESIS**

### **4.1. Prueba de hipótesis general**

En la presente tesis profesional se elaboró la siguiente hipótesis:

*H: La aplicación de las bolsas Cartuflex, influyen significativamente en la mejora de los costos de emulsión San-G® en el área de perforación y voladura, Tantauatay 2018.*

Sí, se acepta la hipótesis general, porque, el uso de las bolsas Cartuflex redujeron los costos de emulsión San-G® en el área de perforación y voladura, Tantauatay 2018.

### **4.2. Prueba de hipótesis específica**

#### **Hipótesis Secundarias**

*Los costos de emulsión San-G® generados en la actualidad en la Unidad Minera Coimolache S.A. influyen negativamente en el Área de Perforación y Voladura, Tantauatay Cajamarca 2018.*

Sí, se acepta la segunda hipótesis Específica, porque los costos generados sin aplicar las bolsas Cartuflex ascienden a \$ 655.010 los que ocasiona perdida para la empresa porque es un costo totalmente elevado.

*Los costos de emulsión San-G® generados después de aplicar las bolsas Cartuflex, influyen positivamente en el área de perforación y voladura, Tantahuatay - Cajamarca 2018.*

Sí, se acepta la tercera hipótesis Específica, porque los costos generados al aplicar las bolsas Cartuflex ascienden a \$ 578.584 los que ocasiona ganancia para la empresa.

*El ahorro económico que se genera después de la aplicación de las bolsas Cartuflex, influyen positivamente en un 75% en beneficio del Proyecto Tantahuatay.*

Sí, se acepta la cuarta hipótesis Específica, porque la aplicación de las bolsas Cartuflex, influyen positivamente en un 91% en beneficio del Proyecto Tantahuatay.

## **CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **CONCLUSIONES**

La eficacia de la aplicación de las bolsas Cartuflex logro reducir los costos de emulsión San-G en el área de perforación y voladura Tantahuatay, se logró mejorar en un 91% de mejora para la empresa.

Los costos de emulsión San-G® generados en la actualidad en la Unidad Minera Coimolache S.A. Proyecto Tantahuatay se estiman en \$ 1275389.37

Los costos de emulsión San-G® obtenidos después de aplicar las bolsas Cartuflex en el área de perforación y voladura durante el periodo de estudios alcanzan un total de \$ 578,584, durante el periodo de estudios de enero a junio del 2018.

El ahorro económico generado después de la aplicación de las bolsas Cartuflex y de la emulsión San-G®, en beneficio del Proyecto Tantahuatay asciende a 76,427, en beneficio de la empresa.

## **RECOMENDACIONES**

La compañía minera, debe de tener más en consideración la aplicación de las bolsas Cartuflex por sus resultados, que si dan una mejora en la producción minera.

La aplicación de las bolsas Cartuflex se debe de aplicar también a la segunda fila del buffer 2, ya que con respecto a la distancia del talud, la carga explosiva no generaría ningún daño a la pared del talud.

Se debe de promover más capacitaciones acerca del producto Cartuflex por la escasa información que existe.

Usar la emulsión San-G® porque tiene una muy buena velocidad de detonación y genera buena fragmentación del mineral en una composición bien balanceada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Correa, N. L & Ipaguirre T. L. (2016). Tesis Universidad Nacional de Trujillo. *“Reducción de costos operativos mediante la estandarización de malla de perforación voladura, para labores horizontales: sección 4.0 m. x 4.0 m, Mina Socorro Uchucchacua”*. Huánuco – Perú
- Vilca, A. (2013). Tesis. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. *“Uso de emulsiones gasificadas (san- g) para el mayor rendimiento de la columna explosiva en la compañía minera aurífera santa rosa s.a. (comarsa)”*.
- Medina, C.& Robert, O. (2014). Tesis. Universidad nacional de ingeniería (UNI). *“Evaluación técnico-económica-geológica de los resultados de las pruebas realizadas usando emulsiones gasificadas en Cuajone-Southern,Perú”*.
- Huangal, C. (2014). Tesis. Universidad nacional de ingeniería. *“Evaluación Técnica Económica del Uso del San-G en Mina la Arena”*. En línea.
- Vilela, S. & Wilson, P. (2014). Tesis. Pontificia Universidad Católica del Perú *“Análisis de Factibilidad para el Uso de Anfo Pesado a base de Emulsión Gasificable en Minera Yanacocha”*.
- Villanueva I. R. (2013). *“La emulsión gasificada un explosivo eficiente para reducir los costos de voladura a tajo abierto”*. Perú.
- EIA, P.T. (2008). *“Resumen Ejecutivo de Estudio de Impacto Ambiental Coimolache S.A.C”*. Cajamarca - Perú.
- Cartuflex, S.A.C. (2018). *“Bolsas Autoinflables Cartuflex Blocker Hole para la reducción de costos en perforación y voladura”*. Peru.

Famesa, E. (2018). "Agentes de voladura". Perú. 74P.

Villanueva, R. (2015). "Emulsión gasificada". Perú. 36,37 P.

Anchayhua, N. (2012). "Maestría en Gestión Minera". Universidad Nacional de Piura. Perú. 55 P.

Exsa. (2010). "Manual práctico de voladura". Perú. 140 P.

Revista de seguridad minera. (2014). "parámetros de perforación". Perú. 59,60 P.

Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (RSSOM). (2018). Decreto Supremo. N° 023-2018-EM. 56. p.

## **ANEXOS**

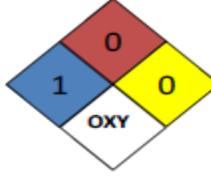
## Anexo 1: Matriz de Consistencia.

**Tabla 32.** Aplicación de bolsas cartúflex y costos de emulsión San-G® en el área de perforación y voladura Tantahuatay - Cajamarca 2018.

PROBLEMA(S) DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO(S) DE LA INVESTIGACION	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLES E INDICADORES	MÉTODO DE ANÁLISIS	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<p><b>Problema principal:</b></p> <p>-¿Cómo influye la aplicación de bolsas Cartuflex en los costos de emulsión San-G® en el área de perforación y voladura, Tantahuatay - Cajamarca, 2018?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>-Realizar la aplicación de las bolsas Cartuflex en los costos de emulsión San-G® en el área de perforación y voladura, Tantahuatay - Cajamarca 2018.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>La aplicación de bolsas Cartuflex, influyen positivamente en un 91% en los costos de emulsión San-G® en el área de perforación y voladura Tantahuatay - Cajamarca 2018.</p>	<p><b>V.I.</b></p>	<p><b>Hipotético deductivo:</b></p> <p>Porque la investigación proyecto datos que fueron comprobados mediante un análisis de registro de datos de campo, obtenidos y procesados.</p>	<p>Registro de datos de campo.</p>	<p><b>Tipo de investigación</b></p> <p>Cuantitativa: Porque realizó un análisis de operaciones de carguío de taladros y así mismo evaluó su comportamiento frente a la aplicación de los Cartuflex Blocker Hole.</p>
<p><b>Problemas secundarios:</b></p> <p>¿Cómo influye los costos de emulsión San-G® generados en la actualidad en el área de perforación y voladura en el Área de Perforación y Voladura, Tantahuatay - Cajamarca 2018?</p> <p>¿Cómo influye los costos de emulsión San-G® generados después de aplicar las bolsas Cartuflex en el área de perforación y voladura, Tantahuatay - Cajamarca 2018?</p> <p>¿Cómo influye el ahorro económico que genera, después de la aplicación de las bolsas Cartuflex en el área de perforación y voladura, Tantahuatay - Cajamarca 2018?</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>-Realizar la comparación de costos de emulsión San-G® generados en la actualidad en el área de perforación y voladura, Tantahuatay - Cajamarca 2018.</p> <p>-Determinar los costos de emulsión San-G® generados después de aplicar las bolsas Cartuflex en el área de perforación y voladura Tantahuatay - Cajamarca 2018.</p> <p>-Determinar el ahorro económico que genera, después de la aplicación de las bolsas Cartuflex en el área de perforación y voladura, Tantahuatay - Cajamarca 2018.</p>	<p><b>Hipótesis secundarias:</b></p> <p>- Los costos de emulsión San-G® generados en la actualidad, genera pérdidas económicas en el área de perforación y voladura, Tantahuatay - Cajamarca 2018.</p> <p>- Los costos de emulsión San-G® generados después de aplicar las bolsas Cartuflex influyen positivamente generando un ahorro económico en el área de perforación y voladura Tantahuatay - Cajamarca 2018.</p> <p>- El ahorro económico que se genera después de la aplicación de las bolsas Cartuflex influyen positivamente en un 91% en el área de perforación y voladura, Tantahuatay - Cajamarca 2018.</p>	<p>- Influencia de bolsas Cartuflex</p> <p><b>V.D.</b></p> <p>- Costos de emulsión San-G®.</p>	<p><b>Hipotético deductivo:</b></p> <p>Porque la investigación proyecto datos que fueron comprobados mediante un análisis de registro de datos de campo, obtenidos y procesados.</p>	<p>Registro de datos de campo.</p>	<p><b>Nivel de investigación</b></p> <p>Descriptivo y comparativo</p> <p><b>Diseño de investigación</b></p> <p>No experimental: porque no se manipulo las variables.</p> <p><b>Población</b></p> <p>Establecida por 7038 taladros en el área de perforación y voladura, Tantahuatay 2018.</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>En el área de carguío de taladros se elaboraron 4324 taladros durante los meses de pruebas.</p> <p><b>Técnicas de recolección de datos</b></p> <p>Observación directa Hojas de reportes de carguío.</p>

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

## Anexo 2: Hoja de seguridad Solución acuosa

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN			CÓDIGO: MS-GC-003
	HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD: <b>MSDS: SOLUCIÓN ACUOSA DE NITRATO GASIFICABLE                  (EMULSIÓN MATRIZ)</b>			VERSIÓN N°: 05 FECHA: 15/06/2016 Página 1 de 4
<b>SECCIÓN 1 : IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y LA COMPAÑÍA</b>				
Nombre Genérico: <b>EMULSIÓN MATRIZ</b>				
Nombre del Producto: <b>SOLUCIÓN ACUOSA DE NITRATO GASIFICABLE (EMULSIÓN MATRIZ)</b>				
Nombre de la Compañía:	FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C.			
Dirección:	Km 28 Autopista Ancón - Puente Piedra			
Ciudad:	Lima			
Código Postal:	Lima 22			
Teléfono de Emergencia:	(51 1) 613-9850 -- (51 1) 613-9800 anexo 100			
E-mail:	<a href="mailto:famesa@famesa.com.pe">famesa@famesa.com.pe</a>			
<b>SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS</b>				
Marca en Etiqueta	Clase	N° UN	NFPA	
	5.1	3218		
<b>Riesgos Potenciales Para la Salud</b>				
Sus componentes no presentan riesgos a la salud si el usuario cumple con las normas correspondientes. Este producto no es explosivo, por lo que no puede causar lesiones físicas por detonación. La combustión del material puede producir vapores tóxicos.				
Por Inhalación	No, bajo condiciones normales de manipuleo.			
Contacto con la piel	No, bajo condiciones normales de manipuleo. En algunos casos puede causar irritación.			
Por los ojos	No, bajo condiciones normales de manipuleo. En el caso eventual que la emulsión haga contacto con los ojos puede causar irritación.			
Por ingestión	Ninguna bajo una correcta manipulación. La ingestión premeditada causa desordenes en el sistema gastrointestinal.			
<b>Riesgos Especiales</b>				
Fuego y Explosión	Prende al exponerse a fuego directo, la combustión del material puede producir vapores tóxicos.			
Detonación	Ningún riesgo de detonación espontanea. No detona cuando es iniciado con un Booster u otro cebo.			
<b>SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES</b>				
<b>Naturaleza Química</b>				
Componentes de Riesgo	PEL	TLV	N° CAS	N° UN
Nitrato de Amonio	No establecido	No establecido	6484-52-2	1942
Nitrato de Sodio	No establecido	No establecido	7631-99-4	1498
Petróleo	No establecido	No establecido	68476-30-2	1202
Aceites Minerales	No establecido	No establecido	-----	-----
Emulsificantes	5 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	-----	-----

Fuente: Famesa, 2016.

### Anexo 3: Toma de muestras de densidad en campo, 2018



Fuente: Informacion ARU, 2016.

### Anexo 4: Costos en consumos de Emulsión en Compañía Minera Coimolache, 2006 al 2015.

**Tabla 32.** Consumo de San-G en Minera Coimolache periodo 2006 al 2015.

<b>Costos de producción en mallas voladas en Minera Coimolache (150 Taladros)</b>																				
Meses	2006	Sub total \$	2007	Sub total	2008	Sub total	2009	Sub total	2010	Sub total	2011	Sub total	2012	Sub total	2013	Sub total	2014	Sub total	2015	Sub total
Enero	1	20000	1	20000	1	20000	1	20000	2	40000	2	40000	1	20000	1	20000	1	20000	1	20000
Febrero	2	40000	2	40000	1	20000	2	40000	2	40000	1	20000	3	60000	3	60000	2	40000	2	40000
Marzo	2	40000	3	60000	3	60000	3	60000	2	40000	3	60000	3	60000	3	60000	4	80000	4	80000
Abril	3	60000	3	60000	3	60000	3	60000	3	60000	3	60000	4	80000	4	80000	4	80000	3	60000
Mayo	3	60000	3	60000	3	60000	3	60000	3	60000	4	80000	4	80000	4	80000	3	60000	4	80000
Junio	3	60000	3	60000	3	60000	3	60000	3	60000	3	60000	4	80000	4	80000	3	60000	4	80000
Julio	3	60000	3	60000	3	60000	4	80000	4	80000	4	80000	3	60000	4	80000	4	80000	4	80000
Agosto	2	40000	3	60000	2	40000	3	60000	1	20000	4	80000	3	60000	3	60000	4	80000	4	80000
Septiembre	3	60000	3	60000	3	60000	4	80000	3	60000	3	60000	4	80000	3	60000	4	80000	4	80000
Octubre	3	60000	3	60000	3	60000	3	60000	3	60000	3	60000	4	80000	3	60000	4	80000	4	80000
Noviembre	2	40000	3	60000	3	60000	2	40000	2	40000	2	40000	3	60000	4	80000	3	60000	4	80000
Diciembre	1	20000	1	20000	1	20000	1	20000	2	40000	1	20000	2	40000	2	40000	1	20000	2	40000
<b>Total al año</b>	<b>28</b>	<b>560000</b>	<b>31</b>	<b>620000</b>	<b>29</b>	<b>580000</b>	<b>32</b>	<b>640000</b>	<b>30</b>	<b>600000</b>	<b>33</b>	<b>660000</b>	<b>38</b>	<b>760000</b>	<b>38</b>	<b>760000</b>	<b>37</b>	<b>740000</b>	<b>40</b>	<b>800000</b>

Fuente: Información CIA minera Coimolache.

## Anexo 6. Registró de datos de campo

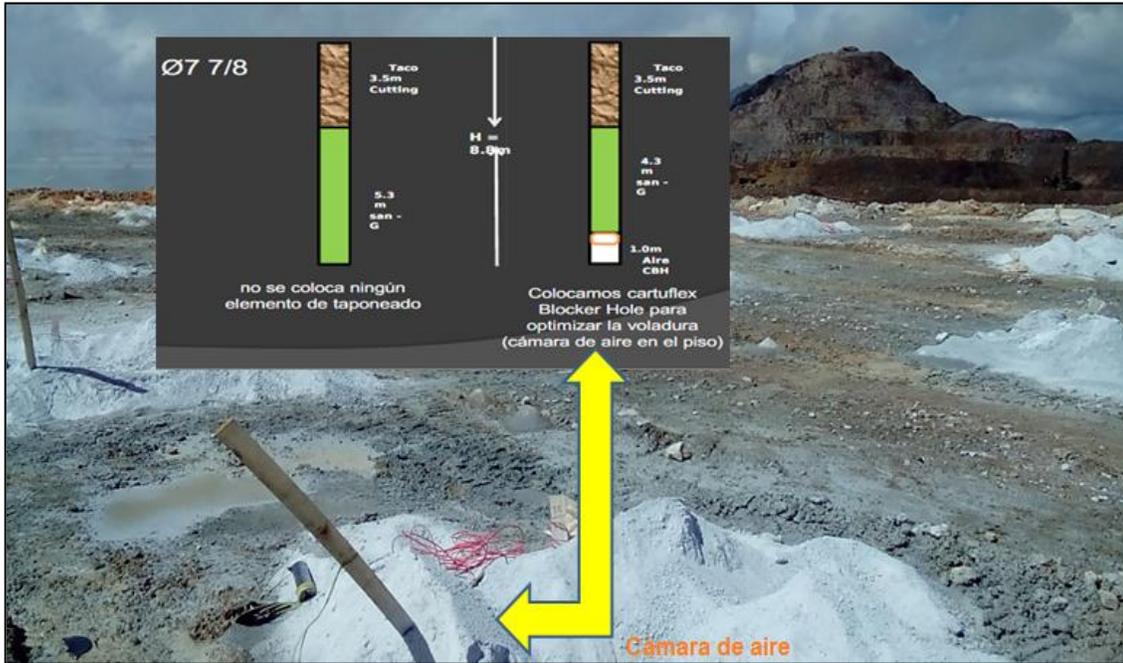
**Aplicación de bolsas Cartuflex y costos de emulsión San-G® en el área de perforación y voladura, Tantahuatay 2018.**

Tesista: César Huamán Gavidia

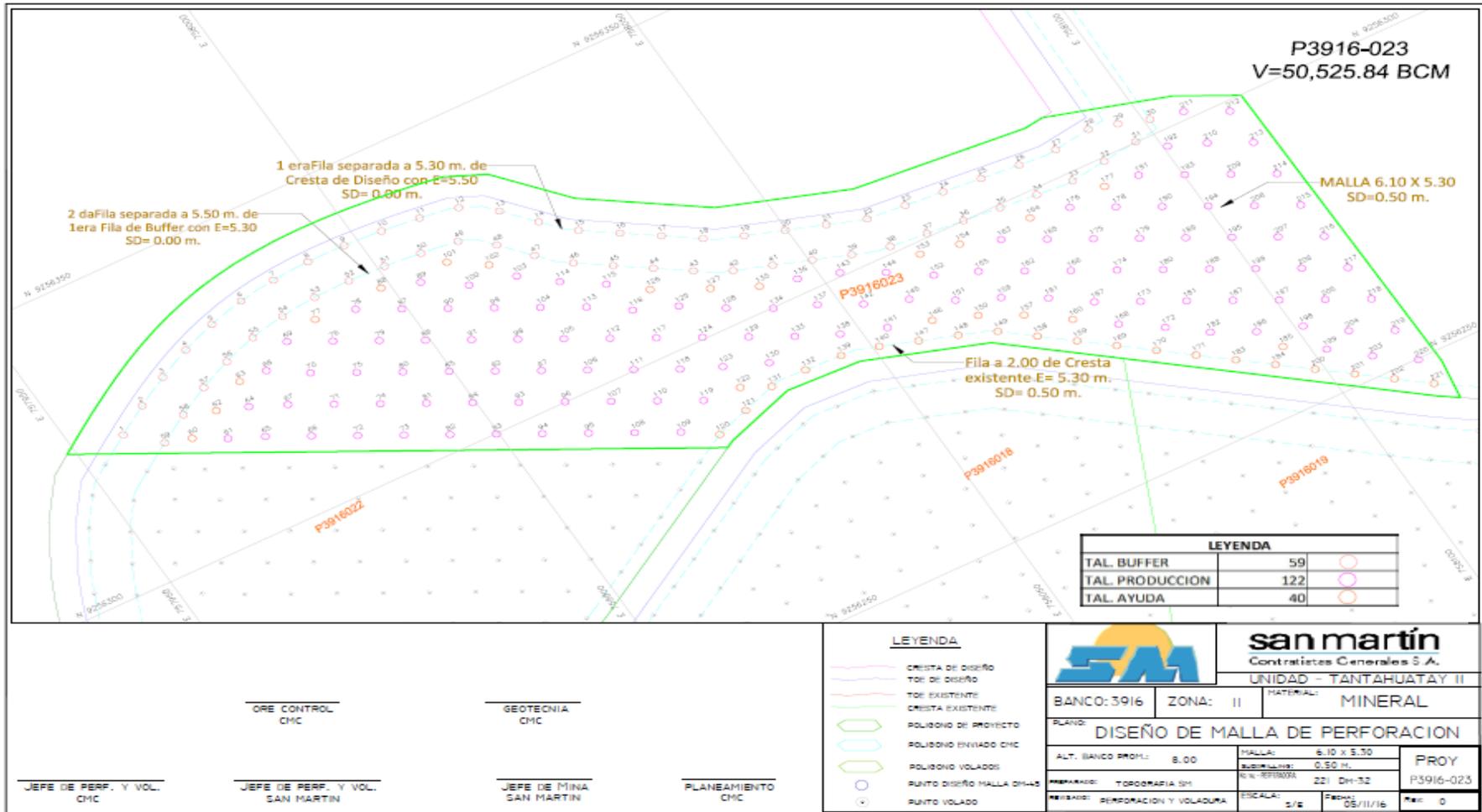
<b>MESES</b>	<b>ENERO</b>		<b>FEBRERO</b>		<b>MARZO</b>		<b>ABRIL</b>		<b>MAYO</b>		<b>JUNIO</b>	
<b>PRUEBAS</b>	taladros	bolsas	taladros	Bolsas	taladros	bolsas	taladros	bolsas	taladros	bolsas	taladros	bolsas
<b>semana 1</b>												
<b>semana 2</b>												
<b>semana 3</b>												
<b>semana 4</b>												

Fuente: Elaboracion propia, 2018.

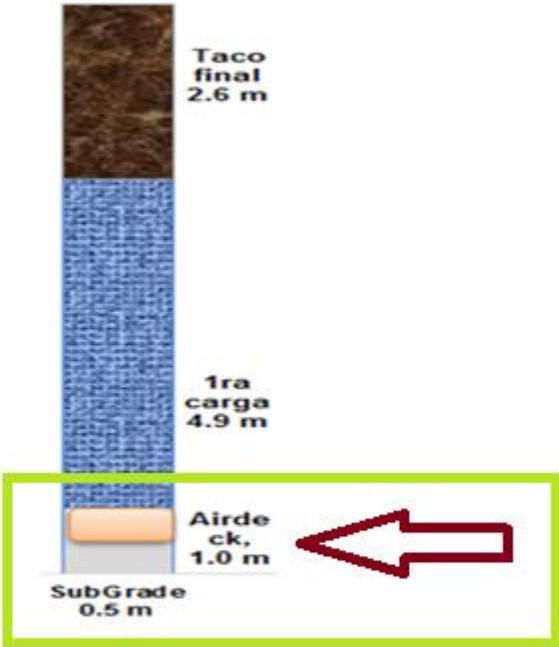
## Anexo 5. Cuadrado de taladros de producción 2018



## Anexo 6. Plano de diseño de perforación 2018



**Anexo 7. Diseño de taladro con Cartuflex 2018**



**San G**

## Anexo 8. Modelo de vibraciones 2018

GERMAN NORM, DIN 4150-3 (1999)

Type I: Industrial Edificacions, Office and Similars or with Robust Designs

Tipo II: Edificaciones Residenciales y Construcciones Similares

Tipo III: Otras edificaciones sensibles a Vibraciones no incluidas en las Clases anteriores.

### Alemania - DIN 4150

El Instituto de Normalización Alemana o DIN (Deutsches Institut für Normung) ha publicado varios criterios de niveles máximos de vibración, el primero en 1975, el cual fue desglosado (3 partes) y actualizado en 1999 y 2001.

Los criterios de la DIN 4150 de 1975 a partir de información en Persson et al. (1994) se

Tabla A.1. Valores guía máximos para velocidad de partícula DIN4150:1999

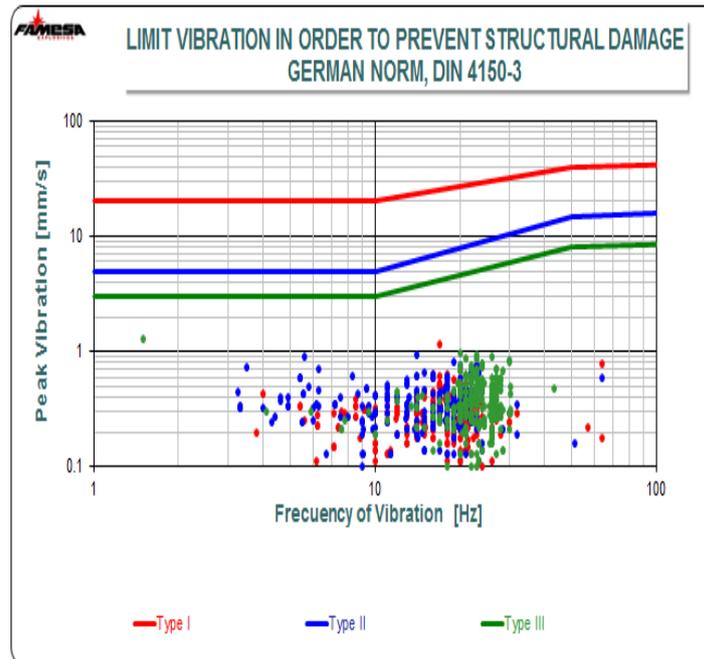
Clase de construcción	Frecuencia fundamental			NS <sup>a</sup>
	1 a 10 Hz	10 a 50 Hz	50 a 100 Hz	
1 Edificaciones industriales, oficinas y similares o con diseños robustos	20 <sup>c</sup>	20 - 40	40 - 50	40
2 Edificaciones residenciales y construcciones similares	5	5 - 15	15 - 20	15
3 Otras edificaciones sensibles a vibraciones o las no incluidas en las dos anteriores clases	3	3 - 8	8 - 10	8

<sup>a</sup> Adaptado de DIN (2001).

<sup>b</sup> No el Super componente horizontal.

<sup>c</sup> Toda la frecuencia.

<sup>d</sup> Velocidad de partícula en mm/s.



## Anexo 9. Repartición de Cartuflex en malla perforada 2018



## Anexo 10. Formación del San-G®

