

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS,
GEOLOGÍA Y CIVIL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**“OPTIMIZACIÓN DE LANZADO DE SHOTCRETE PARA
REDUCIR COSTOS OPERATIVOS, CJ NETCOM SAC – CÍA
MINERA RAURA S.A. 2020”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERA DE MINAS

PRESENTADO POR:

Bach. TALAVERA GAZGA SHEYLA OLIMPIA

ASESOR:

Ing. ROBERTO JUAN GUTIÉRREZ PALOMINO

AYACUCHO - PERÚ

2023

DEDICATORIA

Agradecer a nuestro señor por orientarme y permitir que tome decisiones correctas en la vida. Por poder contar con las personas indicadas que me apoyaron en la lucha de cumplir mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

A mí querida casa de estudios, especialmente a todos los profesores que estuvieron conmigo en este tiempo de aprendizaje y crecimiento, que fueron de apoyo y fortaleza para adquirir y reforzar mis conocimientos en esta etapa universitaria.

RESUMEN

El desarrollo de esta investigación tuvo lugar en CJ NETCOM S.A.C. empresa contratista con operaciones en Cía. Minera Raura S.A., cuyo objetivo fue la de reducir los costos operativos mediante la optimización de la mezcla con la que se realiza el proceso de lanzado de shotcrete con un equipo PUTZMEISTER SPM 4210 que opera en la galería 651 Nv 100.

En esta investigación se evaluó el tipo de sostenimiento que existe, se realizaron entrevistas a los trabajadores que forman parte del proceso de lanzado de shotcrete.

El lanzado de shotcrete se realiza mediante la preparación de una mezcla formada por cemento, áridos, agua y se complementa con el uso de fibras y aditivos químicos; estos últimos aportan a la mezcla las propiedades de acelerar el fraguado de la mezcla, aumentar su fluidez, mantener la consistencia, aumentar la cohesión interna de sus partículas, etc. dependiendo del tipo de aditivo que se use. La finalidad de la investigación es reducir los costos operativos aportando a la mezcla estas propiedades y así optimizar la calidad de la misma.

Esta investigación considera que el diseño de mezcla actual tiene costos altos que pueden ser optimizados con la modificación del diseño considerando la fibra metálica que influye en la proyección y rebote de esta manera se podrá reducir los costos y mejorar el lanzado con menor proyección y mejor absorción de energía, durabilidad y seguridad del sostenimiento en las labores.

Se elaboro un plan piloto de tal manera pueda realizarse una comparación entre ambos diseños de esta manera tener una conclusión técnica que influye en la variación de costos.

PALABRAS CLAVE: Shotcrete, aditivos, costos.

ABSTRACT

The development of this research took place at CJ NETCOM S.A.C. contractor company with operations in Cía. Minera Raura S.A., whose objective was to reduce operating costs by optimizing the mix with which the shotcrete launching process is carried out with a PUTZMEISTER SPM 4210 equipment that operates in gallery 651 Nv 100.

In this investigation, the type of support that exists was evaluated, interviews were conducted with the workers who are part of the shotcrete launching process.

Shotcrete is launched by preparing a mixture made up of cement, aggregates, and water, and is complemented by the use of fibers and chemical additives; the latter provide the mixture with the properties of accelerating the setting of the mixture, increasing its fluidity, maintaining consistency, increasing the internal cohesion of its particles, etc. depending on the type of additive used. The purpose of the research is to reduce operating costs by adding these properties to the mix and thus optimizing its quality.

This investigation considers that the current mix design has high costs that can be optimized with the modification of the design considering the metallic fiber that influences the projection and rebound, in this way it will be possible to reduce costs and improve the casting with less projection and better absorption. of energy, durability and security of maintenance in the works.

A pilot plan was elaborated in such a way that a comparison between both designs can be made in this way to have a technical conclusion that influences the variation of costs.

KEY WORDS: Shotcrete, additives, costs

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
CAPÍTULO I	13
ASPECTOS METODOLÓGICOS	13
1.1. Introducción	13
1.2. Realidad Problemática	14
1.3. Formulación del Problema	15
1.3.1. Problema Principal	15
1.3.2. Problemas Secundarios	15
1.4. Formulación de la Hipótesis	15
1.4.1. Hipótesis General	15
1.4.2. Hipótesis Secundarias	15
1.5. Formulación de Objetivos	16
1.5.1. Objetivo General	16
1.5.2. Objetivos Secundarios	16
1.6. Justificación	16
1.7. Limitaciones	16
1.8. Delimitaciones	16
1.8.1. Delimitación Espacial	16
1.8.2. Delimitación Temporal	17
1.8.3. Delimitación Conceptual	17
1.9. Alcance	17

1.10.	Variables de la Investigación	17
1.10.1.	Variable Independiente.....	17
1.10.2.	Variable Dependiente	17
1.11.	Operacionalización de Variables	17
CAPÍTULO II.....		18
MARCO REFERENCIAL.....		18
2.1.	Antecedentes a Nivel Nacional.....	18
2.2.	Antecedentes a Nivel Internacional	23
2.3.	Marco teórico	23
2.4.	Marco Conceptual.....	30
2.4.	Definición de Términos	34
CAPÍTULO III.....		37
METODOLOGÍA.....		37
3.1.	Diseño De la Investigación	37
3.1.1.	Tipo de Investigación	37
3.1.2.	Método de la Investigación.....	37
3.2.	Población y Muestra	37
3.2.1.	Población	37
3.2.2.	Muestra	37
3.3.	Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	37
3.3.1.	Técnicas de la Investigación.....	38
3.3.2.	Trabajo de Campo	38
3.3.3.	Trabajo de Gabinete.....	38
3.4.	Carta de Gantt	38
CAPITULO IV		40
CARACTERIZACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO.....		40

4.1.	Generalidades de la Unidad Minera.....	40
4.1.1.	Ubicación.....	40
4.1.2.	Accesibilidad	41
4.1.3.	Clima, Vegetación y Relieve	41
4.1.4.	Recursos Humanos	42
4.1.5.	Recursos Energéticos.....	42
4.2.	Geología.....	42
4.2.1.	Geología Regional	42
4.2.2.	Geología Estructural	43
4.2.3.	Geología Económica.....	43
4.3.	Equipos	45
4.3.1.	Equipo Robot Putzmeister SPM 4210.....	45
4.3.2.	Mixkret 4 PUTZMEISTER	49
4.3.3.	Minicargador Frontal Caterpillar 246D3.....	52
4.4.	Ejecución de la investigación.....	52
4.4.1.	Ensayo de Resistencia a la Compresión	53
4.4.2.	Resultado	53
4.4.3.	Ensayo de absorción de paneles cuadrados	56
4.5.	Diseño de mezcla del concreto con fibra metálica.....	59
4.6.	Diseño de mezcla del concreto con fibra metálica.....	60
	CAPITULO V.....	61
	RESULTADOS	61
5.1.	Ponderación de Costos.....	61
5.2.	Discusión de Resultados	62
5.2.1.	Resistencia a la Compresión.....	62
5.2.2.	Tenacidad – absorbencia de energía.....	63
5.2.3.	Dosificación.....	64

5.2.4. Resultado de Costos	64
5.3. <i>Análisis Final</i>	65
5.4. <i>Prueba de Hipótesis</i>	66
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES.....	69
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	17
Tabla 2	25
Tabla 3	39
Tabla 4	47
Tabla 5	50
Tabla 6	54
Tabla 7	55
Tabla 8	58
Tabla 9	59
Tabla 10	60
Tabla 11	61
Tabla 12	61
Tabla 13	62
Tabla 14	62
Tabla 15	66
Tabla 16	66
Tabla 17	67

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	54
Gráfico 2	55
Gráfico 3	56
Gráfico 4	56
Gráfico 5	63
Gráfico 6	63
Gráfico 7	64
Gráfico 8	64

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	24
Ilustración 2	25
Ilustración 3	31
Ilustración 4	40
Ilustración 5	46
Ilustración 6	49
Ilustración 7	52
Ilustración 8	53
Ilustración 9	57
Ilustración 10	57
Ilustración 11	58

CAPÍTULO I

ASPECTOS METODOLÓGICOS

1.1. Introducción

Los procesos operativos en minas subterráneas hoy en día tienen como principio la mejora del ciclo de minado. Para esta mejora contamos con el control del lanzado de shotcrete mecanizada, que es la más acertada a usar en el sostenimiento de labores, pues debido a las caídas de rocas se originan pérdidas económicas y de material. Por esta razón, para mantener una estabilidad en el macizo rocoso se empezó a trabajar el lanzado por vía húmeda, esto nos permitirá lograr la ventaja deseada en el ciclo de minado.

El lanzado por vía húmeda en las labores subterráneas se considera proceso puntual en el minado y extracción del mineral. La velocidad de producción es el resultado de la calidad del concreto que se proyecta y la velocidad en que se aplica la mezcla. Por esta razón se ha desarrollado un sostenimiento novedoso y con tecnología moderna como es el shotcrete por vía húmeda.

En el siguiente trabajo de investigación se mostrarán las causas que las desviaciones en los costos operacionales del lanzado de shotcrete por vía húmeda presentan, de igual modo indica los índices de altos y bajos resultados en la producción de los procesos de preparación, traslado y proyección del shotcrete.

La presente tesis consta de 5 capítulos que se desarrollan de la siguiente forma:

En el capítulo I se plantea la formulación del problema, la formulación de la hipótesis, los objetivos. La justificación, limitación, delimitaciones, el alcance de la investigación y la descripción de las variables.

En el capítulo II se describe los antecedentes (internacionales y nacionales), el marco teórico, el marco conceptual que se relacionan al tema principal del estudio y la definición de términos.

En el capítulo III se plantea la metodología a usar en el presente trabajo de investigación, el diseño, el nivel, los métodos con los que se trabajará la tesis.

El capítulo IV contiene la caracterización del ámbito de estudio, las características de la UM, la descripción de su geología y el programa de actividades para el desarrollo del trabajo de investigación.

En el capítulo V finalmente se presentan los resultados del estudio

1.2. Realidad Problemática

Este trabajo de investigación plantea una de los motivos iniciales del excelso costo que resulta de usar un sistema de sostenimiento relativamente nuevo y tecnológico, como el sostenimiento con shotcrete.

Por esta razón, se piensa que el motivo principal al utilizar este sostenimiento es el rebote de las fibras producto de cada proyección, la mayor parte de los casos supera el 10%, el inconveniente es la bombeabilidad con el equipo, lo que resulta la falta de adherencia y resistencia de la mezcla a la roca.

Esto sumado a otras incidencias económicas que se presenta como por ejemplo el diseño y dosificación de mezcla, traslado, acumulación, manipulación de equipos, etc. lo que resulta en una pérdida del 20% sobre el lanzado.

El shotcrete tiene pros y contras potentes por su calidad de proceso de construcción y de soporte de rocas, sumado al avance en materiales, equipos y destreza en la aplicación, hizo de este proceso una herramienta útil para actividades de construcción bajo tierra.

Específicamente la tecnología de hoy para shotcrete vía húmeda ha abierto horizontes a la construcción subterránea.

Sin importar el tipo de área a proyectar en mina, otro problema que se presenta al recurrir a este sistema es la deficiente dosificación, mezcla, y diseño de la misma, lo que

resulta en elevados costos operativos que deberían mantenerse para obtener los resultados deseados de este método.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema Principal

¿Cómo se optimizará el sistema de lanzado de shotcrete para reducir costos en la operación de sostenimiento CJ NETCOM SAC - Cía. Minera Raura S.A.- 2020?

1.3.2. Problemas Secundarios

¿Cómo se evaluará el diseño de mezcla en el lanzado de shotcrete para reducir costos en la operación de sostenimiento CJ NETCOM SAC - Cía. Minera Raura S.A.- 2020??

¿Cómo se evaluará la disponibilidad mecánica de los equipos de lanzado de shotcrete para reducir costos en la operación de sostenimiento CJ NETCOM SAC - Cía. Minera Raura S.A.- 2020?

1.4. Formulación de la Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

El sistema de lanzado de shotcrete reduce costos en la operación de sostenimiento CJ NETCOM SAC - Cía. Minera Raura S.A.- 2020.

1.4.2. Hipótesis Secundarias

La evaluación del diseño de mezcla en el lanzado de shotcrete reduce costos en la operación de sostenimiento CJ NETCOM SAC - Cía. Minera Raura S.A.- 2020

La evaluación de la disponibilidad mecánica de los equipos de lanzado de shotcrete reduce costos en la operación de sostenimiento CJ NETCOM SAC - Cía. Minera Raura S.A.- 2020

1.5. Formulación de Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Optimizar el sistema de lanzado de shotcrete para reducir costos en la operación de sostenimiento CJ NETCOM SAC - Cía. Minera Raura S.A.- 2020

1.5.2. Objetivos Secundarios

Evaluar el diseño de mezcla en el lanzado de shotcrete para reducir costos en la operación de sostenimiento CJ NETCOM SAC - Cía. Minera Raura S.A.- 2020.

Evaluar la disponibilidad mecánica de los equipos de lanzado de shotcrete para reducir costos en la operación de sostenimiento CJ NETCOM SAC - Cía. Minera Raura S.A.- 2020.

1.6. Justificación

La investigación planteada presenta una de las diversas maneras de optimizar la efectividad, rendimiento y calidad del shotcrete en pro del sostenimiento, se sabe que, con una mezcla bien adherida a la roca, con trabajadores que conocen el proceso, el problema sobre el Rebote del shotcrete será, pero esto necesita de una buena técnica de optimización en las actividades, esto hará que el sostenimiento planteado sea el más seguro y como resultado los costos operativos reducirán.

1.7. Limitaciones

El presente estudio se limita a que se aplica sólo al sector de minería mecanizada.

1.8. Delimitaciones

1.8.1. Delimitación Espacial

La investigación fue desarrollada en CJ NETCOM S.A.C.

1.8.2. Delimitación Temporal

01 año

1.8.3. Delimitación Conceptual

El estudio tiene como aspectos conceptuales sobre optimización de sostenimiento:

- Lanzado de Shotcrete
- Reducción de costos operativo

1.9. Alcance

La investigación tiene alcance en el área operativa, donde se desarrollan actividades con el uso de equipos de lanzamiento de Shotcrete.

1.10. Variables de la Investigación

1.10.1. Variable Independiente

Lanzado de Shotcrete

1.10.2. Variable Dependiente

Reducción de costos operativos.

1.11. Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de las Variables

Tipo de Variable	Dimensiones	Indicadores
Lanzado de Shotcrete	Diseño de mezcla Experiencia	% de rebote de mezcla Años de experiencia
Costos de Operación	Insumos Equipos Personal	Diferencia de costos % de disponibilidad mecánica % pago de personal

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes a Nivel Nacional

(Guzmán, 2008), en la tesis “Sostenimiento con shotcrete vía húmeda – mina Cobriza” su objetivo principal fue la determinación del empleo del shotcrete y fibras como método fiable para el sostenimiento a corto plazo, como resultados de los cuadros de ensayo de las muestras se determina que para ambas fibras se usaron las mismas características (la dosificación, el slump) y se ensayaron las muestras durante el mismo día, cuidado que sea bajo la misma temperatura.

Esta tesis mostro la manera comparativa de distintos tipos de sostenimiento que se aplican hoy en día en UM Cobriza.

(Torres, 2016), en la tesis” Diseño y aplicación de shotcrete para optimizar el sostenimiento en la unidad económica San Cristóbal - minera Bateas”, tuvo como propósito el diseño y aplicación adecuada del shotcrete vía húmeda optimizando el sostenimiento, logrando beneficios en costos y también un considerable ajuste de tiempo y con mayor seguridad para los trabajadores de la UM minera Bateas. Concluyendo en que, el uso del método vía húmeda beneficia la operación, debido a que tiene bajos niveles de polución, se plantea el uso en todas las labores de la mina, siempre que cumplan con las condiciones, como es el caso de la UM San Cristóbal.

La aplicación de shotcrete como sostenimiento permanente en las labores se dio por la calidad de roca, por lo que la UM Bateas desea optimizar los métodos de sostenimiento que se usan en la UM minera.

(Laurente, 2017), en la investigación “Uso de shotcrete vía húmeda con fibra metálica y su influencia en la caída de rocas en la sociedad minera Corona S. A. – Yauricocha, tuvo como objetivo la determinación de la influencia del sostenimiento con

shotcrete por vía húmeda usando fibras metálicas en la caída de rocas en UM Corona – Yauricocha, concluyendo que el uso de sostenimiento con shotcrete vía húmeda con fibras metálicas influye de manera positiva en la ocurrencia de caída de rocas, esto considerado los muestreos realizados en dos labores de alto riesgo.

En la investigación se evidencia con los muestreos realizados en la zona de Antacaca 920 y Antacaca 970 de la mina Yauricocha, que la fibra metálica aporta una buena resistencia y velocidad de compactación lo que es favorable en la reducción de caída de rocas, por lo tanto, mejora la estabilidad del macizo rocoso y aporta mayor seguridad.”

(Aragon, 2017), en la tesis “Influencia de las fibras en el shotcrete en su capacidad de absorción de energía y resistencia a la flexión, su objetivo fue analizar la influencia de diferentes dosificaciones de fibras sintéticas y metálicas en el shotcrete, analizando su comportamiento estructural - mecánico al someterlo a ensayos para saber su capacidad de absorción de energía y resistencia a la flexión.

La conclusión fue que, el asentamiento del shotcrete reduce a medida que se agrega más fibras, con la máxima dosificación de fibra metálica (40 kg/m³) disminuye en un 30.5% y con la máxima dosificación de fibra sintética (8 kg/m³) un 32.9% respecto al diseño sin fibra, lo que dificulta la trabajabilidad y bombeabilidad, por lo que, valores entre 8 pulgadas y 10 pulgadas son los adecuados.

Por lo tanto, a un menor costo utilizando fibra sintética que fibra metálica en el shotcrete, se obtienen mismos valores de resistencia a la compresión de núcleos, en cuanto al comportamiento de las fibras metálicas en el deterioro de la resistencia es mejor que el de las fibras sintéticas. Por lo tanto, el diseño es óptimo considerando factores de trabajabilidad, resistencia a la compresión de núcleos de concreto, resistencia a la flexión de vigas aserradas, absorción de energía de paneles de shotcrete, donde se obtiene, 30 kg de fibra metálica y con 6 kg de fibra sintética por metro cúbico de concreto. Las condiciones

hiperestáticas del ensayo del panel cuadrado permiten la redistribución de la carga en comparación al ensayo isostático del panel circular.”

(Valero, 2015), en la tesis “Influencia de las fibras de polipropileno en fisuración asociadas a la retracción plástica en pavimentos de concreto, Huancayo 2014 (5), el objetivo fue determinar la influencia de las fibras de polipropileno para controlar las fisuras asociadas a la retracción plástica en pavimentos de concreto. Y como conclusión, la investigación ha logrado determinar que el empleo de fibras de polipropileno en las mezclas de concreto modifica su consistencia medida a través del asentamiento con el cono de Abrams, existe una reducción del 10% (de 1/2") con la dosis mínima (del orden de 400 g/m³) para ambos tamaños de fibra, en tanto la reducción máxima es del 40% (de 2") y 45% (de 2%") con la dosis mayor (del orden de 1500 g/m³) para 19 mm y 50 mm de tamaño de fibra respectivamente. Esto hace que influya en la trabajabilidad del concreto al momento de su colocación.

Al incorporar fibras de polipropileno en las mezclas de concreto en las diferentes dosis generan un ligero incremento, no significativo, en la resistencia a la compresión entre el 1% al 10% a los 7, 28 y 45 días con respecto a la mezcla patrón. La dosis de 900 g/m³, para ambos tamaños de fibra tiene mejor respuesta en esta propiedad, puesto que a los 7, 28 y 45 días se comporta de manera favorable.”

(Tapia, 2017), en su tesis “Diseño y aplicación del shotcrete vía húmeda como elemento de sostenimiento en labores mineras – Inpecon sociedad anónima cerrada – Mina Chipmo Compañía Minera Buenaventura Unidad Orcopampa. Tuvo como objetivo el análisis y diseño de la correcta aplicación del shotcret vía húmeda en las labores de mina subterránea en CIA Minera Buenaventura UM Orcopampa, con el fin de potenciar la calidad del mismo evaluando los costos unitarios del shotcrete lanzado (p. 3)”

(Guzmán, 2008), en su estudio “Sostenimiento con shotcrete vía húmeda en Mina Cobriza, el objetivo fue la determinación del uso de shotcrete agregando fibras como de

manera segura. Concluyendo que las fibras usadas tenían las mismas características (la dosificación y el slump) a las que se les practicaron muestras horas antes, bajo las mismas temperaturas ambientales; cumpliendo ambas con los parámetros de ensayo. Para el primer ejemplar en ensayo a compresión se pudo determinar que el shotcrete con fibra NOVOCON en primera instancia su resistencia era menor, pero en los ensayos de los días 1, 14 y 28 la adherencia mejora superando a la fibra ENDURO en un 7%.

Para la segunda y tercera muestra los ensayos que se realizaron con la fibra NOVOCON también tenían una menor resistencia al inicio, pero en los ensayos de los días 7 y 14 tal como ocurrió en la muestra 1 la adherencia mejora, pero no pudo superar a la fibra ENDURO teniendo una desventaja en el ensayo del día 28. (p. 31)”

(Barreda, 2014), en su trabajo de investigación “Diseño de planta subterránea para optimizar y reducir costos en mina Chipmo Cía. de minas Buenaventura, trazó como objetivo expresar que aplicando correctamente el shotcrete por vía seca en la UM creando un diseño y construyendo una planta de shotcrete reduciría los costos y haría el sostenimiento más dinámico, concluyendo que con la construcción de dicha planta de shotcrete en interior mina se logrará mayor variabilidad y eficacia en el sostenimiento de las labores de interior mina.”

Fernández y Valderrama (2018), en el trabajo de investigación “Parámetros para maximizar la adhesión del shotcrete por proceso húmedo en minería subterránea de Consorcio Minero Horizonte S.A, plantearon el objetivo de optimizar la adhesión del shotcrete y reducir el rebote por proceso húmedo en interior mina del Consorcio Minero Horizonte S.A, concluyendo que, cuando el Shotcrete alcanza la calidad idónea y el su lanzado es ejecutado correctamente la eficacia del sistema de fortificación del sustrato aumenta, mientras que, si el lanzado es pobre y su calidad no es la ideal representa un peligro para la operación con una carga muerta.”

Cabera y Garay (2015) en su investigación “Gestión de calidad en el proceso de lanzado de shotcrete en túneles, plantearon como objetivo, la elaboración de una propuesta de gestión de calidad para potenciar el lanzado de shotcrete en túneles mediante el uso de la guía del PMBoK y que este quede como antecedente para futuros estudios de investigación.

Concluyeron que durante el lanzado de shotcrete en túneles seguir los estándares del PMBoK es importante, durante el estudio de investigación se pudieron identificar procesos constructivos del lanzado de shotcrete por vía húmeda en el túnel ya excavado que fue la materia del estudio. Se evaluaron todas las etapas del proceso, y se halló usando el análisis causa raíz las debilidades del ciclo de trabajo, teniendo horas no productivas en el cronograma de trabajo lo cual impacta en los costos. El costo del shotcrete que se aplica en una excavación además del costo de reparaciones por mala aplicación en el lugar del estudio fue contractualmente 475,114.69 US\$ y el costo real ejecutado fue de 1’018,520.89 US\$, se evidencia que existe un costo adicional del 214.4%, este incremento son producto de una mala aplicación del shotcrete, donde se incumplen los procedimientos operativos en la excavación del túnel, la cantidad del shotcrete fue excesiva, lo que indica que aplicándose la guía del PMBoK mediante sus procesos y control de calidad el costo puede reducir y esto significaría que el proceso de lanzado mejoraría. Las fechas de entrega del proyecto, construcción del túnel, se alargaron por 232 días más, identificándose que fue debido a la mala aplicación del procedimiento operativo del lanzado de shotcrete, las caídas mecánicas del Robot Alpha 20 y la deficiente preparación al personal; concluyendo que, si se aplica la planificación y el aseguramiento de la gestión de calidad de la guía del PMBoK, el control operacional de la excavación de túneles está asegurado. Dentro del área de conocimiento de gestión de calidad se hallaron falencias que retrasaron el tiempo y costos:

- Check list, antes y durante el vaciado del shotcrete.
- Falta de conocimiento de procedimientos por parte de los trabajadores
- Revisiones de equipos para el lanzado de shotcrete.

2.2. Antecedentes a Nivel Internacional

García (2014) “La palabra hormigón proyectado se ha adoptado en Chile para la descripción del shotcrete de acuerdo con la definición del *American Concrete Institute* (ACI), organización que lo define como un hormigón colocado por proyección neumática de alta velocidad desde una boquilla (*ACI Concrete Terminology*)” (p. 11).

Bernard (2015) “La Sociedad Australiana de shotcrete fue formada en 1998 como un grupo industrial sin fines de lucro comprometido a mejorar el reconocimiento del valor y usos del hormigón proyectado en la minería australiana e industrias de la construcción. Sus objetivos son promover el uso de hormigón proyectado en su caso, promover buenas prácticas de hormigón proyectado y para educar a los especificadores y posibles diseñadores de estructuras de hormigón proyectado sobre la mejor forma de utilizar este material. Estos objetivos se han realizado a través de seminarios y conferencias que se llevan a cabo de vez en cuando, y mediante la publicación de esta guía. El *Concrete Institute of Australia* fue seleccionado como socio en la publicación de esta guía porque es la institución más adecuada para la promoción del bien práctica y tecnologías concretas en Australia.” (p. 2).

2.3. Marco teórico

Vía Seca

En el proceso por vía seca los insumos son mezclados al seco, y el cemento es transportado en mangueras por medio de aire comprimido, el agua se agrega por la boquilla, el aditivo de igual manera, pero al momento del lanzado y a través de una válvula de control. La virtud de este lanzado es económica y la máquina se transporta por otro equipo debido a su pequeño tamaño.

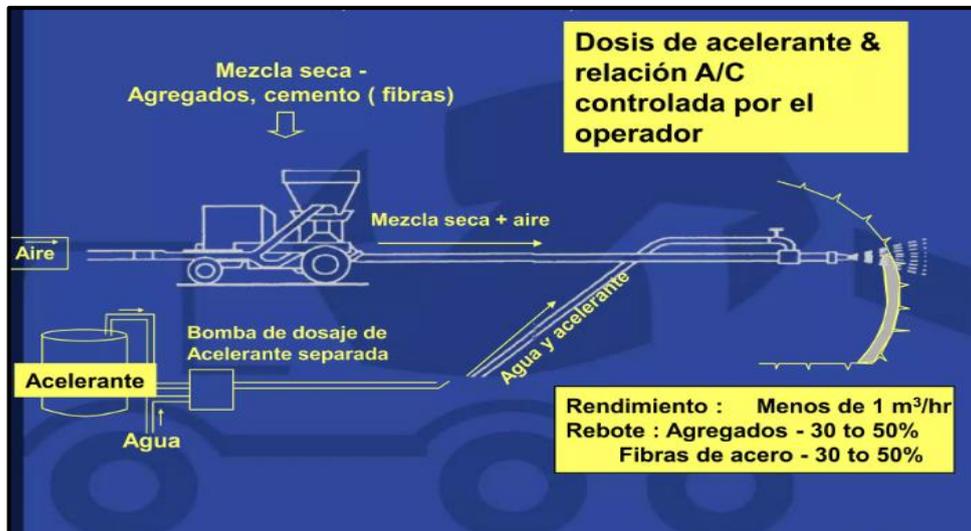
Para este proceso la arena y el cemento son mezclados manualmente (con palas) para luego echarse en el equipo en seco y se proyecten por una manguera de 2”, en la boquilla se efectúa una premezcla con el agua y aditivo, la contra de esto es que el personal está

expuesto a peligros por lo que los estándares de seguridad deben aplicarse al máximo.

(Guzmán, 2008, pág. 39).

Ilustración 1

Vía Seca



Fuente: (Guzmán, 2008, pág. 39)

Vía Húmeda

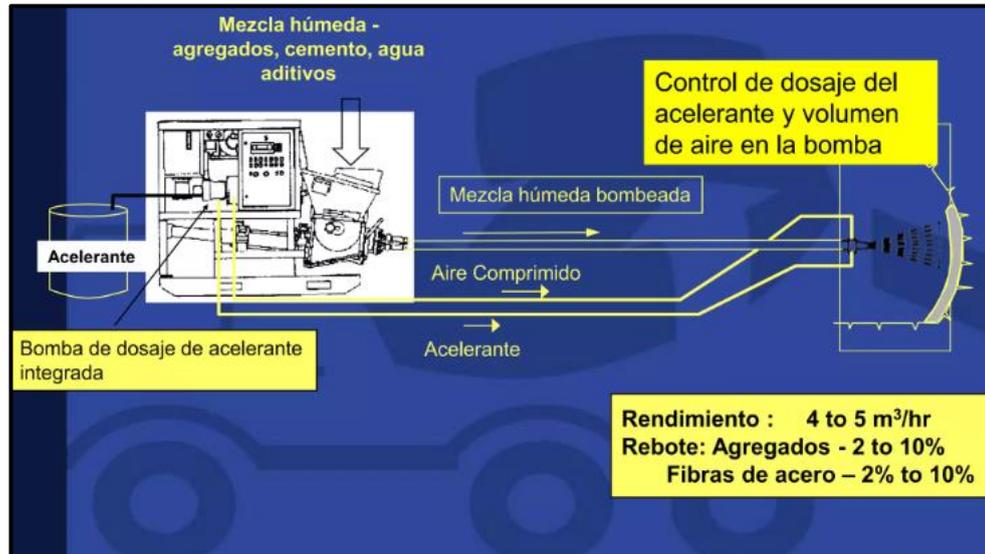
En la década de los 80 hubo progreso elevado debido a que en Escandinavia se consiguió que el mercado de shotcrete por vía seca pase al 100% a usar el método de vía húmeda, por lo tanto, el proyectado de shotcrete pasó de ser un método manual a realizarse con trackless.

En Noruega, esta variación se dio entre 1978 y 1980, también se estaba buscando la mejora del uso del polvo sílice debido que al ser un método vía húmeda la polución con este disminuyó al realizar el lanzado. Hoy en día el shotcrete por vía húmeda se proyecta con equipos robotizados que consiguen una buena resistencia debido a que se le agregan fibras metálicas para potenciar la resistencia, con esto se logra reducir costos porque los equipos generan menor cantidad de rebote de mezcla que con el método manual, y la rapidez del lanzado es mayor. (Guzmán, 2008, pág. 42).

La desventaja al aplicar el método vía húmeda es que se tiene que emplear un mixer para transportar la mezcla del concreto y no debe tomarse mucho tiempo desde la pre-mezcla al lanzado del concreto. En el método por vía húmeda, el concreto es mezclado y transportado en un equipo mixer y lanzado con un equipo robot PUTZMEISTER SPM 4210.

Ilustración 2

Vía Húmeda



Fuente: (Guzmán, 2008, pág. 42)

Tabla 2

Vía Seca y Húmeda

Proceso Vía Seco	Proceso Vía Húmeda
El control instantáneo sobre el agua y la consistencia de la mezcla en la boquilla presenta variadas condiciones de campo	El agua es controlada en el equipo de shotcrete y puede ser medida con precisión.
Se adecúa mejor para la colocación de mezclas que contienen agregados ligeros, materiales refractarios y shotcrete que requiere propiedades tempranas de resistencia.	Se asegura mejor la mezcla del agua con los otros ingredientes.
Es posible su transporte a distancias más largas.	Acompañan a la operación menos polvo y pérdida de cemento.
Las características de colocación inicial y final son mejores con mínimo desmonte y mayor flexibilidad en la colocación.	Normalmente tiene menor rebote, lo cual resulta en menor material de desmonte.
Es capaz de producir resistencias más altas.	Es capaz de generar mayores volúmenes de producción.

Fuente: (Guzmán, 2008, pág. 42)

Características

Aspecto: La apariencia final del shotcrete proyectado es de superficie áspera, esta rugosidad dependerá del volumen del agregado, pero también de la destreza del operador.

Adherencia: “Adherencia se le denomina a la impregnación de la roca sostenida, es recomendable limpiar o echar agua al sitio donde se proyectará el shotcrete” (Beresovsky, 2015, p. 4).

Porosidad: (Solis & Moreno, 2006) “El concreto que será proyectado contiene una cierta cantidad de arena fina y mayor proporción de cemento que el hormigón tradicional, por lo tanto, la porosidad es menor. La porosidad es un aspecto que se crea por el aire encerrado durante el proceso de lanzado” (p. 3).

Densidad: “La Densidad, se define, como la masa por unidad de volumen del material, en kg/m^3 (lb/pe^3)”

Resistencia: “La resistencia a la compresión alcanzó los 300 kg./cm^2 o más al llegar a los 28 días. El shotcrete tiene la ventaja de que la adquisición de resistencia se eleva con el tiempo debido a su alto contenido de cemento; 400 kg/cm^2 en 12 meses y 500 kg/cm^2 en 4 años; en algunos casos se registró hasta 700 kg/cm^2 . También sucede que al usar aditivos acelerantes de fragua se consigue alta resistencia inicial.

Resistencia a tracción: (Harmsen, 2002) “La resistencia del concreto a la tracción es mucho menor que su resistencia a la compresión constituyendo aproximadamente entre un 8% a 15% de ésta” (p. 24).

Permeabilidad: (Vélez, 2011) “Para lograr la permeabilidad la mezcla es preparada usando arena con gran cantidad de huecos entre las partículas y con ausencia de los finos. La presencia de la permeabilidad del shotcrete poroso en el volumen de poros permeables, el porcentaje de la totalidad de absorción, las características mecánicas de resistencia a la compresión y el tiempo de tracción de 28 días. Analizando el shotcrete preparado se halló una dosificación del concreto poroso, lo que permite que se adquiriera resistencias altas, y

obteniendo la permeabilidad deseada. Por tanto, se obtuvo la permeabilidad de 2,342 mm/s con porcentaje real de 11% de huecos, el cemento dosificado de 400kg/cm², que permitió la resistencia a flexo de tracción y compresión a los 28 días, a inicios da una resistencia inicial de 3 MPa y al final de los 28 días se tiene 33 MPa utilizando diferentes razones agua/cemento” (p. 12).

Calidad de Insumos y de Mezcla

Cemento: Producto fabricado con materias primas inertes (rocas calizas, areniscas y arcilla) además contiene calcio, sílice aluminio y hierro. Es un polvo fino que al mezclarse con agua se compacta y adquiere características resistentes y adherentes. El cemento es un elemento fundamental en la preparación de la mezcla para el lanzado del shotcrete, que se relaciona con la resistencia, trabajabilidad, corrosión del refuerzo y las características del concreto ya compactado.

Aditivos: Son materiales inorgánicos y orgánicos que se agregan a la mezcla que, aun agregándole solo una pequeña cantidad al total de la mezcla, modifica de alguna forma las características de su objetivo, dando lugar a toda la gama de los concretos modernos y especiales.

Aditivo acelerante: Es el producto que ayuda al endurecimiento de la resistencia inicial del shotcrete. En la actividad minera se usan aditivos acelerantes de fragua en altas resistencias a edades iniciales.

Tipos de Aditivos:

Aditivos acelerantes; incorporadores de aire; plastificantes – reductores de agua; superplastificantes – reductores de agua de alto rango; impermeabilizantes; retardantes; densificadores.

Los Agregados: También llamados son arena y ocupan el 75% del volumen de la mezcla aproximadamente. Se obtiene por la selección y clasificación de materia primas

naturales o que proceden de machaqueo o por la mezcla de ambos; el agregado para shotcrete, debe cumplir con los requisitos de las especificaciones Standard.

Retardadores: El uso de este material es circunscrito Su uso es muy limitado y en zonas de climas calurosos su empleo puede evitar la presencia de juntas frías en capas sucesivas, obteniéndose así propiedades impermeables. Generalmente ocurre un retraso en el endurecimiento.

Fibras Metálicas: Agregar las fibras a los hormigones mejora las propiedades notablemente. Pero hay fibras de distintos orígenes (nylon, fibras de vidrio, polipropileno, polietileno, acero, etc.). Los más usados, comerciales y de mejores rendimientos son las metálicas. Adicionalmente, de la ventaja del acero de tener un módulo de elasticidad 10 veces superior al hormigón; se encuentran las propiedades de una buena adherencia que estas aportan a la mezcla, un alto alargamiento de rotura y una gran facilidad de mezclado. Las fibras metálicas en los morteros y hormigones proyectados mejoran las propiedades mecánicas haciendo que su fragilidad disminuya y potencia su ductilidad después de la fisuración; mejora la resistencia a la rotura y la capacidad de absorción de energía; reduce la tendencia a las roturas por retracción; mejora la resistencia a la aparición y propagación de grietas; aumenta la resistencia a la tracción, al impacto y a la cizalladura; mejora el comportamiento a la flexotracción y aumenta la durabilidad.

Ventajas de Fibras Metálicas: Cuando la malla electrosoldada es reemplazada con fibras metálicas se puede evitar una maniobra peligrosa. Esto hace que el concreto reforzado con fibra compita con la malla tradicional. Las fibras reducen costos operativos y tiempo.

Reductores de agua: Estos se utilizan con tres propósitos y principalmente en el proceso por vía húmeda:

Para lograr una mayor resistencia al disminuir la relación agua/cemento: facilitar la bombeabilidad durante los trabajos; que el calor de hidratación disminuya y por lo tanto

aumento en la resistencia en edades tempranas y distribución uniforme del cemento en el concreto.

Sostenimiento en Mina Subterránea

Dentro de la minería subterránea el sostenimiento es de suma importancia debido a que por su naturaleza todos los trabajos se realizan en espacios vacíos, inestables por las condiciones de las rocas o por los trabajos de explotación; para darle a la mina subterránea una nueva estabilidad es necesario redistribuir sus bases y para esto se necesita apoyar con un refuerzo o soporte ideal, teniendo en cuenta el tipo de roca, fallos con rellenos, fallos abiertos, etc.

De Soporte: Es el tipo de sostenimiento que está en contacto con las rocas; como las maderas, mallas, cables, cintas de acero (Strops) y el shotcrete (simple y con fibras), cimbras de acero, gatas, relleno y cualquier otra de estabilización del macizo rocoso.

De esfuerzo: Son elementos de sostenimiento que se relacionan con pernos de rocas, compuesto de anclajes mecánicos de varillas de fierro o barras helicoidales reforzadas con cemento o resina, Split set y Swallex.

En Tajos: El sostenimiento en los tajos debe evaluarse previamente los estándares de seguridad y la dilución. En tajos por donde el personal ingresa a la labor (minado por corte y relleno) el sostenimiento es necesario por seguridad y para el control de la dilución.

Concreto Lanzado: El concreto lanzado también es conocido como shotcrete; concreto compuesto por cemento, agregado, aditivo y otros materiales de refuerzo, los cuales se aplican mediante equipos a alta velocidad sobre una superficie. El shotcrete tiene dos métodos: vía seca y vía húmeda.

Mezcla Seca: Dentro de este método los materiales se aplican secos o mínimamente humedecido, son agregados a una tolva con agitación continua. A través de un tambor giratorio se agrega aire comprimido que transporta el concreto mediante una manguera de

suministro, el agua es agregada a la mezcla en la boquilla cuando el concreto está por ser expulsado.

Mezcla Húmeda: Dentro de este método los materiales del shotcrete y el agua si se mezclan antes que el concreto sea proyectado, los materiales son transportados y mezclado en un equipo giratorio (mixer) y luego proyectado por un equipo robotizado hacia una superficie. El agua que se usa para la mezcla debe ser agua libre de impurezas que puedan dañar las propiedades del shotcrete. Se recomienda agua potable en caso contrario el agua debe ser ensayada.

Aditivos: Los aditivos se agregan al shotcrete para mejorar sus propiedades, algunos aditivos son acelerantes de fragua (se debe aplicar como máximo el 2% del total del concreto), los retardantes y los reductores de agua. Hace poco se introdujo la microsíllica como un añadido cementante (se aplica el 8 al 15% como máximo del concreto) estos duplican o triplican la resistencia del shotcrete.

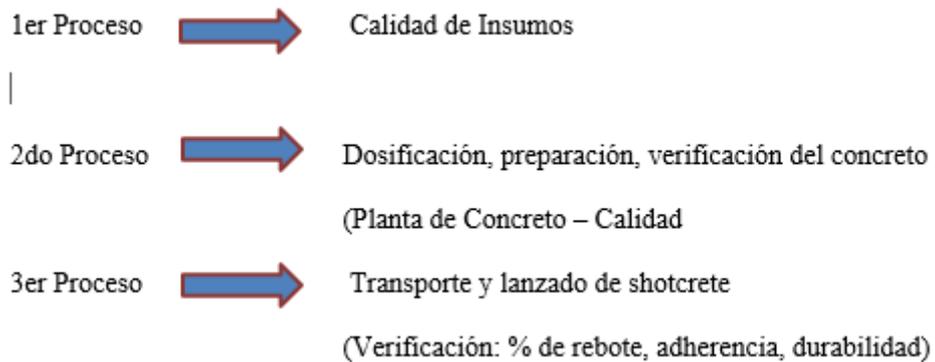
Elementos de Refuerzo: Dentro de esta clasificación están las fibras de aceros, las mallas electro-soldadas que son adosadas firmemente a la superficie de la roca.

2.4. Marco Conceptual

(Shotcrete)

El concreto lanzado o shotcrete es la mezcla “preconfeccionada” compuesta de cemento, áridos, fibra, agua y opcionalmente aditivo súper plastificante, su aplicación es por vía seca o húmeda. La mezcla es transportada por algún equipo hasta su destino final (zona a reforzar), se proyecta por una manguera con aire comprimido, para su endurecimiento generalmente se le añade aditivos acelerantes de fragua.

Proceso del Shotcrete

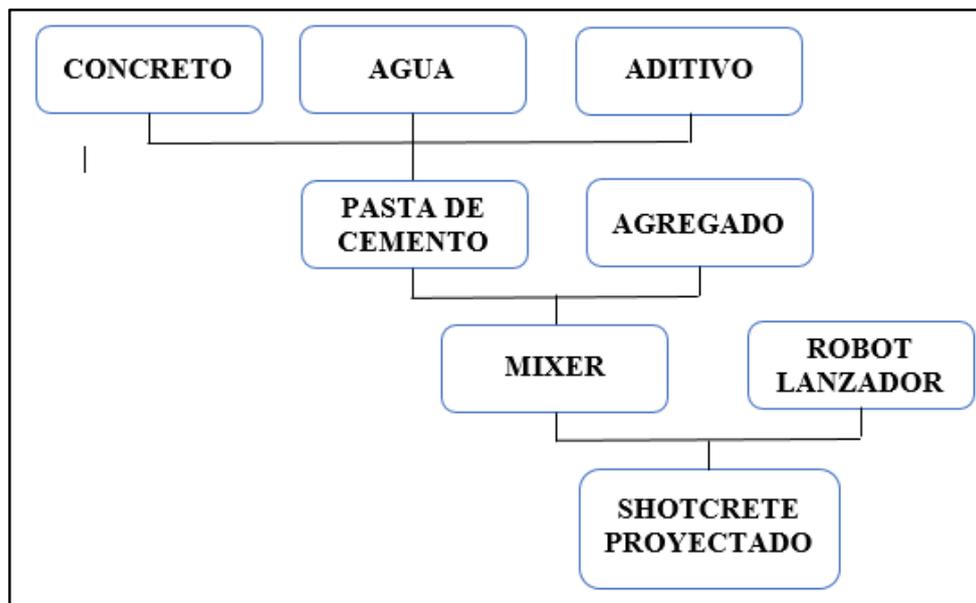


Vía Húmeda

En este proceso el shotcrete se prepara con una mezcla de cemento y agregados ya dosificados por peso. Se le agregan agua y aditivos. La mezcla es bombeada por una manguera y se transporta a la boquilla donde se le inyecta aire comprimido y acelerantes de ser necesario; finalmente el concreto es proyectado de forma continua.

Ilustración 3

Características del Proceso Shotcrete Vía Húmeda



Fuente: Elaboración Propia

Rebote

El rebote del shotcrete es un gran costo que se debe reducir. Se recopiló información de pruebas de campo en otras unidades, se evidencio que las mezclas de shotcrete con hidratación controlada generan menos cantidad de rebote a comparación de otras mezclas. Puede ser por el motivo que las primeras mezclas no se les realizaron una hidratación previa del cemento y se está proyectando el shotcrete con el cemento fresco.

Métodos para Hallar el Porcentaje de Rebote

Modelo Matemático “Single Shell”

Porcentaje de variación o asentamiento por hidratación

$$\% \text{ Variación de Volumen por hidratación} = \frac{V_{st} - V_{ht} \times 100}{V_{st}}$$

Donde:

V_{st}= Volumen seco total

V_{ht}= Volumen hidratado total

Volumen Hidratado Total

$$V_{ht} = V_{st} (100\% -$$

$$\text{Asentamiento por hidratación} = 21.5\%$$

Volumen de Rebote

$$V_r = V_{rh}$$

Donde:

V_r= Volumen de rebote

V_{rh}= Volumen de rebote hidratado

% de rebote real

$$\% \text{ De Rebote} = \frac{V_{rh} \times 100}{V_{st}}$$

Nuevo método Austriaco de Tunelería (NATM)

Principio que une el comportamiento del macizo rocoso y el registro de las deformaciones dentro de mina subterránea.

Interviene en el lanzado de shotcrete por vía húmeda necesitando que se añadan aditivos acelerantes de fragua en la boquilla; el fraguado permite que el shotcrete actúe como soporte inicial, una función importante en la NATM (técnica de excavación de túneles) para que el rebote de fibras esté controlado.

Generalmente, debido a las posibilidades de irrupción de agua se exige una mayor proporción de aditivos para acelerar el fraguado del shotcrete, logrando así que los elementos del concreto queden en completo contacto con el macizo rocoso

Formación de Polvo

La selección del método por vía húmeda, así como la sustitución de acelerantes de aluminatos cáusticos por productos líquidos libres de álcalis y no cáusticos representan un gran avance hacia el mejoramiento del ambiente de trabajo. Factores como el polvo y el rebote han disminuido significativamente, y las quemaduras de la piel se han convertido en cosa del pasado.

Método y Aplicación

La técnica del shotcrete se rige por principios específicos, que en su caso particular se refieren al manejo de la boquilla y a la colocación del material sobre el sustrato. Es imprescindible que el operador cuente con el conocimiento y la experiencia adecuados en dichos principios para lograr un trabajo de calidad.

El objetivo primario del método de shotcrete es obtener una capa compacta, densa y firmemente adherida, todo esto optimizando el uso de la mezcla, es decir, con una pérdida por rebote mínima. Aquí se tiene algunas técnicas de operación en el lanzado por vía húmeda:

La calidad depende de la destreza del operador; El flujo del concreto debe de ser continuo (podrían presentarse sobre dosificaciones o deficiencia de aditivos o agua cuando se bombea en vacío); El flujo de agua debe de ser continuo logrando eficiencia en la relación agua cemento; El tanque dosificador deberá tener niveles para poder controlar el consumo

por m³ de lanzado; El lanzador de una labor minera debe de iniciarse desde el nivel del piso y continuar subiendo; Cuando se lanza por capas se retira el rebote y se lava la superficie shotcreteada; El flujo del aire debe de ser continuo (no debe de existir oscilaciones).

Control de Calidad

Todavía se piensa equivocadamente que el método de sostenimiento con shotcrete por vía húmeda no ofrece resultados de alta calidad. En la empresa CJ NETCOM SAC se está aplicando un programa denominado “Control de Calidad” lo cual consiste en implementar un laboratorio de ensayos y pruebas especiales de shotcrete reforzado, para asegurar que los productos, servicios o procesos siempre cumplan requisitos específicos - que sean confiables y satisfactorios para los clientes. Las imágenes siguientes nos mostrarán algunas técnicas para un buen control en el lanzado de shotcrete.

2.4. Definición de Términos

Shotcrete

(Camarena, 2016) “El shotcrete es un concreto diseñado para el soporte de una excavación en un túnel o en una mina , el concreto contiene arena, cemento, agua, fibra, aditivos superplastificantes y acelerantes de fragua, todos estos componentes realizan una mezcla con una dosificación de diseño, una vez 15 realizada toda esa mezcla se convierte en concreto o mortero y esto será bombeado con un equipo robot Alpha 2.0 utilizando aire a presión para que el concreto salga a una velocidad alta por la boquilla y este concreto se adhiera a la superficie de la roca” (p. 40).

Fibra metálica

(Camarena, 2016) “Las fibras metálicas son elementos de tipo grapas discontinuas con dimensiones pequeñas de 2” pulgadas, de un tipo de acero con propiedades particulares” (p. 25).

Fibra sintética

(Concreto, 2019) “Material que se distribuyen aleatoriamente dentro del concreto que pueden estar compuestas por Acrílico, Aramid, Carbón, Polipropileno, Poliestileno, Nylon, Poliester etc” (p. 15).

Aditivo Superplastificantes

(Aditivos superplastificantes y reductores de agua, 2014) “Son aditivos reductores permite disminuir la cantidad de agua sin modificar su consistencia de un determinado hormigón ya que por natural tiene la humedad, esto incrementa el slump.” (p. 9).

Slump

(Speicher, 2007) “La prueba de asentamiento del concreto mide la consistencia del concreto fresco antes de fraguar. Se realiza para verificar la viabilidad del concreto recién hecho y, por lo tanto, la facilidad con que fluye el concreto. También se puede utilizar como un indicador de un lote mezclado incorrectamente.” (p. 10).

Resistencia.

(Matienzo, 2018) “La resistencia a la compresión es aquella muestra que se somete a una fuerza ya sea uniaxial o triaxial que requiere un determinado tipo de concreto la podemos determinar de la siguiente forma ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$) así como el ejemplo se determina la resistencia el cual debe alcanzar a los 28 días de su preparación.” (p. 35).

Adherencia

Es aquel que se impregna el shotcrete proyectado neumáticamente a través de una boquilla a la superficie de la roca no teniendo impurezas de polvo

Acelerante

(Chema Túnel CA, 2020) “Aditivo que está diseñado para para la aceleración de fragua en el concreto y alcanzar altas resistencias a temprana edad.” (p. 1).

Boquilla

Lugar por donde sale el shotcrete que es proyectado neumáticamente.

Arena

Hormigón con material fino, grueso con humedad propia; es importante para el preparado del shotcrete.

Capa

Incremento de espesor con varias pasadas de shotcrete lanzada.

Rebote

Desperdicio del shotcrete al ser lanzado sobre la superficie y esta cae lejos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Diseño De la Investigación

La siguiente investigación, tiene su diseño específico es pre-experimental.

3.1.1. Tipo de Investigación

(Oseda, 2011), "el tipo de estudio de la presente investigación es aplicada, porque persigue fines de aplicación directos e inmediatos. Busca la aplicación sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de teorías. Esta investigación busca conocer para hacer y para actuar" (p. 13), en el caso de la investigación se enfoca a resolver problemas de la optimización de lanzado de shotcrete para reducir los costos operativos.

3.1.2. Método de la Investigación

También se le denomina enfoque de la investigación, en método en este trabajo de investigación es cuantitativo, ya que se buscará comprobar mediante datos numéricos la reducción de costos operativos para comprobar la hipótesis de la tesis.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

La población considerada para la presente investigación son las labores donde equipos de lanzan shotcrete.

3.2.2. Muestra

Galería 651 Nv 100.

3.3. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La metodología de esta actividad consistió en la toma de datos y la evaluación del tipo de sostenimiento mecanizado con shotcrete que se está empleando, las razones

importantes que existieron para delimitar la muestra son: menor costo, mayor rapidez, mayor precisión y mayor confiabilidad de resultados.

Guía de análisis documental con respecto a sostenimiento de labores con shotcrete, reportes técnicos de proyección de lanzado con el equipo PUTZMEISTER SPM 4210, tablas y cuadros en Excel entre otros.

3.3.1. Técnicas de la Investigación

Las principales técnicas que se utilizaron son:

- ✓ Entrevista a los operadores
- ✓ Análisis documental
- ✓ Cuadros comparativos
- ✓ Otros.

3.3.2. Trabajo de Campo

- ✓ Recorrido respectivo al área en estudio.
- ✓ Recolección de datos de tiempos de lanzado y fraguado de la mezcla
- ✓ Rebote de la mezcla

3.3.3. Trabajo de Gabinete

- ✓ Recopilación de las teorías y evaluación de datos
- ✓ Análisis de los resultados

3.4. Carta de Gantt

En la elaboración del proyecto de Optimización de lanzado de shotcrete para reducir costos operativos se tomó en cuenta para su desarrollo una estructura de tiempo, la misma que está fundamentada en estudio, análisis y evaluación de cada actividad que se relacione al tema.

Tabla 3*Elaboración de Carta de Gantt*

ACTIVIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Elección del Tema												
Proyecto de Tesis												
Planteamiento del Problema												
Justificación												
Objetivos												
Hipótesis												
Variables												
Marco Teórico												
Metodología												
Elaboración de Tesis												

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

4.1. Generalidades de la Unidad Minera

4.1.1. Ubicación

Inga C. (2016). En su tesis “LA GEOMECÁNICA Y DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACIÓN PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE VOLADURA EN EL NIVEL 940 EN COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.C. describe que el yacimiento minero de Raura se encuentra ubicado en la cima de la Cordillera Occidental, políticamente entre los departamentos de Huánuco (provincia de Lauricocha) y Lima (provincia de Oyón)

Sus coordenadas geográficas de ubicación son:

- ✓ Latitud: 10° 26' 30" S
- ✓ Longitud: 76° 44' 30" W
- ✓ Coordenadas U.T.M.: 8' 845.500 N 309.700 E

Ilustración 4

Ubicación y accesos a la mina Raura



Fuente: Google

4.1.2. Accesibilidad

La llegada a Unidad Minera Raura es accesible desde Lima por carretera asfaltada y afirmada, con las siguientes rutas

- ✓ Lima – Huacho 157 Km por carretera asfaltada
- ✓ Huacho – Sayán 40 Km por carretera asfaltada
- ✓ Sayán – Churín 60 Km por carretera afirmada
- ✓ Churín – Oyón 40 Km por carretera afirmada
- ✓ Oyón – Raura 55 Km por carretera afirmada

El tiempo de viaje desde Lima hasta el destino (Raura) es de 10 horas aproximadamente.

4.1.3. Clima, Vegetación y Relieve

Inga C. (2016). En su tesis “LA GEOMECÁNICA Y DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACIÓN PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE VOLADURA EN EL NIVEL 940 EN COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.C.” describe que Minera Raura tiene un clima frío y seco propio de la región donde se encuentra. La temperatura se encuentra entre los 13° C y los -10° C durante el día y por la noche. Su clima se divide en dos estaciones distintas durante el año, la estación más y fría que se da entre los meses de abril y noviembre, con temperaturas muy bajas; y la estación húmeda y de lluvias que va entre los meses de diciembre y marzo, incrementándose las aguas por las precipitaciones solidas y liquidas. Su vegetación es limitada ya que su clima es frígido, propio de la región donde se encuentra, consta de icho, yareta, huila – huila y pastos silvestres. La topografía es accidentada y abrupta, con pendientes y quebradas profundas. Debido a su altitud, la zona se encuentra en las regiones de Puna a Janca, 4 500 y 4 800 m s.n.m., respectivamente.

4.1.4. Recursos Humanos

Contiguo a la Unidad Minera Raura se encuentran pueblos y comunidades que pertenecen al departamento tanto de Lima, Huánuco y Pasco. UM Raura emplea cerca de 1,200 personas que pertenecen a las comunidades aledañas.

4.1.5. Recursos Energéticos

UM Raura cuenta con una central hidroeléctrica, que se interconecta con el Sistema Interconectado del Centro (SIC). Dicha central cuenta con dos turbinas hidráulicas que generan una carga continua de 3,800 kW. También dispone de 25 millones de m³ de agua almacenada, esta reserva se administra y dosifica de forma mensual. Electrocentro es la empresa encargada de suministrar la eléctrica contratada de 3 000 kW, cubriendo la demanda del SIC. Geología

4.2. Geología

4.2.1. Geología Regional

Inga C. (2016). En su tesis “LA GEOMECÁNICA Y DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACIÓN PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE VOLADURA EN EL NIVEL 940 EN COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.C.” describe que Minera Raura tiene un clima frío y seco propio de la región donde se encuentra. La temperatura se encuentra entre los 13° C y los -10° C durante el día y por la noche. Su clima se divide en dos estaciones distintas durante el año, la estación más y fría que se da entre los meses de abril y noviembre, con temperaturas muy bajas; y la estación húmeda y de lluvias que va entre los meses de diciembre y marzo, incrementándose las aguas por las precipitaciones solidas y liquidas. Su vegetación es limitada ya que su clima es frígido, propio de la región donde se encuentra, consta de icho, yareta, huila – huila y pastos silvestres. La topografía es accidentada y abrupta, con pendientes y quebradas profundas. Debido a su altitud, la zona se encuentra en las regiones de Puna a Janca, 4 500 y 4 800 m s.n.m., respectivamente

4.2.2. Geología Estructural

Inga C. (2016). En su tesis “LA GEOMECÁNICA Y DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACIÓN PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE VOLADURA EN EL NIVEL 940 EN COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.C.” describe que Teniendo como patrón estructural los Andes centrales del Perú, el anticlinal Santa Ana y el sinclinal Caballococha son los plegamientos más importantes del área con rumbo N 20° -30° W. El sobre escurrimiento al Suroeste pone en contacto areniscas y cuarcitas del grupo Goyllarisquizga con las calizas Jumasha. Debido a fuerzas compresivas E-W se han producido varios sistemas de fracturas en N 65° - 80° W (vetas Gianina, Abundancia, Roxana, Torre de Cristal, Flor de Loto). Fallas locales en bloques es un patrón estructural importante en Catuva. Las últimas etapas de actividad tectónica por acción de estas mismas fuerzas originan fallas regionales que atraviesan el distrito minero de Raura, representando una reactivación del sistema NE, desplazando a los sistemas NW y N.

4.2.3. Geología Económica

Inga C. (2016). En su tesis “LA GEOMECÁNICA Y DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACIÓN PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE VOLADURA EN EL NIVEL 940 EN COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.C.” describe que Teniendo como patrón estructural los Andes centrales del Perú, el anticlinal Santa Ana y el sinclinal Caballococha son los plegamientos más importantes del área con rumbo N 20° -30° W. El sobre escurrimiento al Suroeste pone en contacto areniscas y cuarcitas del grupo Goyllarisquizga con las calizas Jumasha. Debido a fuerzas compresivas E-W se han producido varios sistemas de fracturas en N 65° - 80° W (vetas Gianina, Abundancia, Roxana, Torre de Cristal, Flor de Loto). Fallas locales en bloques es un patrón estructural importante en Catuva. Las últimas etapas de actividad tectónica por acción de estas mismas fuerzas

originan fallas regionales que atraviesan el distrito minero de Raura, representando una reactivación del sistema NE, desplazando a los sistemas NW y N.

❖ **Mineralización en vetas de dos sistemas de fracturas**

Son los que contienen toda la mineralización en vetas en Raura. El sistema más importante tiene rumbo N 60° W a E-W.

El otro sistema tiene rumbo N 65° - 80° E. Existe un zoneamiento marcado en la mineralización de Raura, al norte, las vetas tienen minerales de cobre y plata, (freibergita) al sur se incrementan los minerales con contenido de plomo y zinc (galena y esfalerita).

❖ **Mineralización en cuerpos en la zona de contacto metasomático**

(exoskarn) de las calizas Jumasha y los intrusivos pórfidos cuarcíferos

Se presentan cuerpos o bolsonadas con minerales de zinc, plomo y plata. El cuerpo de skarn con reemplazamiento de zinc - plomo más importante en el distrito minero de Raura tiene rumbo N 30° W y buzamiento de 70° W. El halo de alteración metasomático (exoskarn) tiene una potencia de 50 - 60 m y una longitud de 900 - 1,000 m, a lo largo de esta alteración se emplazan los cuerpos de Sur a Norte: primavera, Betsheva, Catuva y Niño Perdido, la mineralización se presenta con reemplazamiento de esfalerita, marmatita, galena, calcopirita y diseminación de piritita. Hacia la caja techo en contacto con el intrusivo se forman cuerpos de piritita sacaroidea.

La mineralización en este cuerpo presenta un zoneamiento vertical, en la parte alta se observa mayor contenido de valores de zinc, plomo, plata y en el centro (nivel 490) se observan mayores valores de zinc, disminuyendo los valores de plomo. Y en profundidad (nivel 380) se incrementan los valores de cobre.

❖ **Mineralización tipo stock work**

Son estructuras que encierran mineralización como relleno de fracturas menores irregulares, con diseminación y ligeros reemplazamientos masivos; como, por ejemplo, el cuerpo Gayco que se emplaza en rocas metamórficas (hornfels de diópsida).

4.3. Equipos

La empresa CJ NETCOM S.A.C. cuenta con los siguientes equipos para el proceso de sostenimiento mecanizados:

- ✓ Robot lanzador de Shotcrete PUTZMEISTER SPM 4210.
- ✓ Mixkret 4 PUTZMEISTER
- ✓ Minicargador Frontal CATERPILLAR 246D
- ✓ Volquete Volvo FMX 440
- ✓ Planta de Shotcrete Altrón AMP – 25
- ✓ Silo de Cemento Altrón

4.3.1. Equipo Robot Putzmeister SPM 4210

El equipo de serie SPM 4210 es ideal para para pequeños y medianos túneles, galerías y taludes. Su brazo proyector tiene un alcance de 10 m. El control remoto es de uso dual, condesciende la fácil manipulación del brazo además de la regulación del caudal de hormigón de 20 m³/h y ajuste de dosificación de aditivos.

La versión estándar del SPM 4210 se opera de forma eléctrica e incluye un compresor opcional de aire eléctrico incorporado en el chasis.

La bomba de hormigón Putzmeister montada sobre el equipo asegura rendimiento eficaz, bajas pulsaciones y larga vida de las piezas. El control remoto proporcional de la serie SPM 4210 WETKRET facilita la regulación de la salida del hormigón, así como el ajuste de las dosis de aditivos. De esta forma, el equipo puede hacer frente a las cambiantes

condiciones de trabajo en minas. La bomba de aditivos está equipada con un dispositivo automático de dosificación proporcional al caudal de hormigón bombeado, garantizando precisión y calidad en el proyectado.

Ilustración 5

Robot Lanzador de Shotcrete Putzmeister SPM 4210



Fuente: putzmeister.com

Tabla 4*Características de Equipo Robot Lanzador PUTZMEISTER SPM 4210*

BRAZO TELESCÓPICO DE PROYECCIÓN PUTZMEISTER SA 10.1	
Alcance máximo de proyección vertical / horizontal	10 / 8 m
Sección mínima de trabajo vertical / horizontal	2,5 / 2,4 m
Número de extensiones del brazo	4 secciones (3 telescópicas) de accionamiento hidráulico proporcional
Movimiento telescópico del brazo	4 m
Movimientos de ejes	6
Ángulo máximo del brazo	+65° / -40°
Luces (2 focos Xenon)	24V / 45W
CABEZAL PROYECTOR	
Rotación	360°
Inclinación (°)	+120/-120
Nutación (°)	10
Tobera	40 DN
TOLVA	
Capacidad de la tolva llena	250 L
Altura de llenado	1.300 mm
Foco	24V / 70W

BOMBA DE HORMIGÓN PUTZMEISTER PM 1507	
Tipo Doble pistón, accionamiento hidráulico	
Caudal máx. (teór.) (variable 4 – 20 m ³ /h)	20 m ³ /h
Diámetro cilindro de transporte	150 mm
Presión máx. (teór.) sobre el hormigón	65 bar
Árido max.	16 mm
Sistema de engrase automático	
ACCIONAMIENTO SISTEMA DE BOMBEO Y PROYECCIÓN	
Eléctrico	37 kW
Diésel (versión DUAL DRIVE(x)). Motor Diésel de traslación	
(x) accionamiento (eléctrico / Diésel)	
BOMBA DE ADITIVOS SINCRONIZADA CON EL BOMBEO DE HORMIGÓN	
Campo de regulación	60 – 500 l/h
Presión máxima de trabajo	7.5 bar
Depósito de aditivo	400 l
Sistema de control	PLC
ENROLLACABLES MANUAL	
Cable	50 m
Alimentación 400 V / 50 Hz - 440 V / 60 Hz	
Diámetro	900 mm
CONTROL REMOTO PROPORCIONA	
Putzmeister Accionamiento eléctrico, doble uso radio/cable 20 m	
BOMBA DE AGUA DE ALTA PRESIÓN PARA LIMPIEZA	
Presión max.	140 mm
Caudal	10,8 l/min
Manguera	15 m
PESO	
Con compresor	9.500 kg
Sin compresor	8.950 Kg

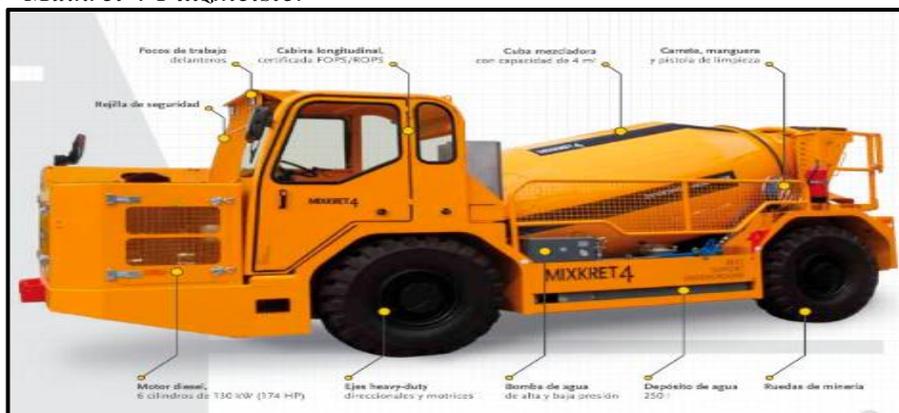
VEHÍCULO OFF-ROAD ARTICULADO DE TRACCIÓN INTEGRAL, PUTZMEISTER	
Motor turbo diésel, 4 cilindros	
Potencia del motor (74 HP) a 2.600 rpm	55W
Emisiones del motor acorde EU-Stage III A / EPA-Tier 3	
Transmisión hidrostática	
Reductora 2 velocidades en ambas direcciones	
Dirección articulada hidráulica	
Tracción	4 WD
Velocidad máxima	20 km/h
Frenos de servicio	En ambos ejes, sistema multi-disco en baño de aceite.
Freno de parking	en ambos ejes, sobre discos interiores (negativos de tipo SAHR)
Focos de trabajo 4 LED	24V / 25W
Cabina de conducción certificada FOPS/ROPS. Asiento del conductor con suspensión mecánica, regulable y cinturón de seguridad	
Equipo eléctrico 2 baterías	12 V / 70 A
Depósito diésel	65 l
Radio de giro interno / externo (mm)	3.950 / 6.550
Pendiente máx. traslación 35% longitudinal / 10% transversal	

Fuente: *putzmeister.com*

4.3.2. Mixkret 4 PUTZMEISTER

Este equipo fue diseñado y desarrollado para perfeccionar y optimizar el proceso integral de shotcrete. La mezcladora cuenta con una capacidad máxima de masa de 4 m³. Tiene incorporado un contenedor de aditivos para el vacíe de shotcrete.

Ilustración 6
Mixkret 4 Putzmeister



Fuente: *putzmeister.com*

Tabla 5*Características de Equipo Mixkret 4 PUTZMEISTER*

CUBA MEZCLADORA PARA AMASADO. TRANSPORTE Y VERTIDO	
Capacidad máxima de carga	4m3
Accionamiento de la cuba	Hidráulico
Velocidad de rotación ajustable en ambos sentidos	0-22 rpm
Altura de descarga	986 – 1,431 mm
Longitud de canaleta de vertido Giratoria (accionamiento manual) Regulable en altura (electro – Hidráulicamente)	660mm
Tapas de registro	2
Tapa anti-derrame	Apertura y cierre hidráulico
Cuadro de mando	Exterior lado derecho y en la cabina de conducción
Bloqueo de seguridad anti-giro	Manual
MOTOR DIESEL	
Tipo	Turbo- <u>Intercooler</u> , 6 cilindros
Potencia máxima	130 KW (174 HP) a 2,200 rpm
Refrigeración	Por agua
Emisiones del motor	Acorde EU-Stage III A/EPA-Tier 3
Catalizador	DCL Ind. MINE-X DC8
Depósito de combustible	160 l
Sistema ACC	Compensación automática de altitud

MOTOR DIESEL	
Tipo	Turbo- <u>Intercooler</u> , 6 cilindros
Potencia máxima	130 KW (174 HP) a 2,200 rpm
Refrigeración	Por agua
Emisiones del motor	Acorde EU-Stage III A/EPA-Tier 3
Catalizador	DCL Ind. MINE-X DC8
Depósito de combustible	160 l
Sistema ACC	Compensación automática de altitud
TRANSMISIÓN & EJES	
Transmisión	Sistema hidrostático progresivo de variación continua (ICVD), caja de transferencia y motor hidráulico de caudal variable sin cambio de manchas
Accionamiento	Continuo sin interrupciones en la tracción, autor regulable en base a la necesidad de potencia (carga y pendiente)
Tracción y dirección	Cuatro ruedas motrices y direccionales (4WD / 4WS)
Tipo de ejes	Ejes planetarios direccionales <u>heavy-duty</u>
Eje delantero	Fijo y direccional
Eje trasero	Oscilante y direccional
Sistema electrónico de control de velocidad (Inclinómetro)	Para desplazamientos en pendiente de bajada
Neumáticos	Para minería, 12.00 – R20
FRENOS	
Frenos de servicio	En ambos ejes, multidisco en baño de aceite hidráulico con dos circuitos independientes
Frenos de Parking (negativos)	En ambos ejes, discos interiores tipo SAHR, de accionamiento hidráulico
RENDIMIENTO	
Velocidad máxima	20 km/h (12.4 mph)
Máxima capacidad de ascenso a pena carga	30% (norma SAE)
OTRAS CARACTERÍSTICAS	
Cabina de conducción	Certificado FOPS/ROPS
Focos de conducción	LED, 2 delanteros + 2 traseros
Focos de trabajo	LED, 2 delanteros + 4 traseros
Cámara de retroceso	Visión nocturna
Depósito de agua	250 l
Extintor de fuego manual	6 kg
Balanza omnidireccional	Ámbar
Bomba de agua de alta presión para limpieza	Con enrollamangueras y pistolas
Detector de presencia del operador	Asiento conductor
Sistema de engrase automático	
PESO	
Sin carga	9.900 kg.
Con carga	18.900 kg.

Fuente: *putzmeister.com*

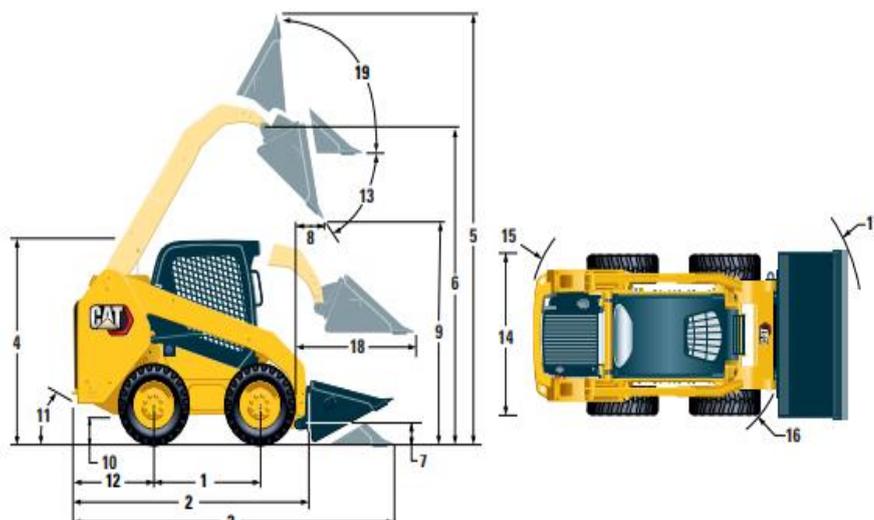
4.3.3. Minicargador Frontal Caterpillar 246D3

El Minicargador 246D3 Caterpillar, posee su diseño de alzado radial, con un fuerte alcance de levantamiento medio y un adecuado rendimiento de excavación con potencia de la barra de tiro destacada:

- ✓ La opción de cabina sellada y presurizada líder en la industria
- ✓ El asiento disponible con amortiguación neumática, calefacción y respaldo alto con controles de palanca universal ajustable montados en el asiento
- ✓ El tren de fuerza de alto rendimiento proporciona el máximo rendimiento
- ✓ El Motor C3.3B Cat y el tren de fuerza de alto rendimiento
- ✓ La amplia gama de accesorios
- ✓ Las luces de trabajo LED de larga duración disponibles

Ilustración 7

Minicargador Frontal Caterpillar 246D3



Fuente: unimaq.com.pe

4.4. Ejecución de la investigación

Se elaboró un programa de implementación de extracción de la muestra donde se considera la modificación del diseño de mezcla aplicando la fibra metálica y la fibra sintética, la muestra fue extraída del TJ 731 EW - Nv 100 – Gal 651 SE, considerando

la aplicación de las variantes de fibra metálica y fibra sintética en los paneles del cual se considerarán 12 probetas para los ensayos a la compresión y un panel para los ensayos de tenacidad.

4.4.1. Ensayo de Resistencia a la Compresión

Descripción

En la determinación de resistencia a la compresión se extrae el núcleo cilíndrico del concreto para eso se toma en consideración la ASTM C42/42M-16, se considera un equipo de perforación para obtener el núcleo de concreto el cual es trasladado a los laboratorios de la Universidad Católica del Perú.

Ilustración 8

Equipo de extracción diamantina



Fuente: CJ NETCOM SAC

Las probetas se extraen de paneles proyectados que hayan sido curados por 28 días, una vez montado el equipo de extracción con una broca diamantina de 3” de diámetro se procede a extraer los núcleos cilíndricos de concreto, posterior a ello se realiza el aserrado de las probetas con el objeto de que la ratio L/D se encuentre entre los parámetros establecidos.

4.4.2. Resultado

Para el cálculo de la resistencia a la compresión de las probetas se utiliza el área transversal el cual se calcula sobre la base diametral promediando la muestra de la probeta al cual es aplicado factor de corrección.

Tabla 6

Resumen de ensayos a la compresión de testigos diamantinos

		RESUMEN DE ENSAYOS A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS Y DIAMANTINOS										Código: C.JNET-SGC-PE-03 Versión: 3 Fecha: 12/06/2020				
ASTM C39/ NTP 339.059																
PROYECTO: SOSTENIMIENTO MECANIZADO CON SHOTCRETE - VÍA HÚMEDA CLIENTE: UNIDAD MINERA RAURA UBOCACIÓN: INTERIOR MINA FECHA DE ENSAYO:																
ITEM	FECHA DE EXTRACCIÓN	FECHA DE COMPRESIÓN	TIPO DE FIBRA	SECTOR DE LANZADO (TIPO LABOR, NIVEL)	DIAMETRO A(cm)	DIAMETRO B(cm)	PROMEDIO DE DIAMETROS (cm)	ALTURA	AREA	CARGA	F/C (kg/cm ²)	RvR	FACTOR DE CORRECCION	F/C CORRECCION	DIAS	PROMEDIO
1	27/03/2020	25/04/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.1	15.8	3049	241	248	100	241	28	234
2	27/03/2020	25/04/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.3	15.8	3077	230	252	100	230		
3	29/03/2020	25/04/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.1	15.8	3052	231	248	100	231	28	232
4	29/03/2020	25/04/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.3	15.8	3436	215	252	100	215		
5	02/04/2020	15/04/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.1	15.8	3496	221	248	100	221	14	223
6	02/04/2020	15/04/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.1	15.8	3536	228	248	100	228		
7	02/04/2020	30/04/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.1	15.8	4054	305	248	100	257	28	251
8	02/04/2020	30/04/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.2	15.8	4991	311	250	100	234		
9	05/06/2020	16/06/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.0	15.8	4755	298	246	100	277	14	285
10	05/06/2020	16/06/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.1	15.8	4886	262	247	100	238		
11	07/06/2020	07/07/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.2	15.8	5437	345	250	100	257	28	262
12	07/06/2020	07/07/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.1	15.8	4732	232	248	100	232		
13	13/06/2020	24/06/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.4	15.8	3900	238	257	100	238	14	245
14	13/06/2020	24/06/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.2	15.8	4049	254	250	100	154		
15	10/06/2020	07/07/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.1	15.8	5002	314	248	100	257	28	248
16	10/06/2020	07/07/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.2	15.8	4756	296	250	100	256		
17	13/06/2020	20/06/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.1	15.8	4403	278	248	100	278	14	267
18	13/06/2020	20/06/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.3	15.8	4104	257	252	100	257		
19	13/06/2020	27/06/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.1	15.8	5407	344	248	100	257	28	262
20	13/06/2020	27/06/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.0	15.8	5075	318	246	100	256		
21	15/06/2020	22/06/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.0	15.8	5644	354	246	100	294	14	290
22	15/06/2020	22/06/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.2	15.8	4952	310	250	100	288		
23	15/06/2020	23/06/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.0	15.8	6143	388	246	100	278	28	260
24	15/06/2020	23/06/2020	METALIC A	OLBIVVY-001/100	4.5	4.5	4.5	11.0	15.8	5952	356	246	100	252		

Fuente: CJ NETCOM SAC

Resistencia a la compresión con fibrametálica.

Se realizaron las pruebas de compresión considerando los días de curado de las muestras teniendo los siguientes resultados

Gráfico 1

Resistencia fibra metálica



Fuente: CJ NETCOM SAC

Gráfico 2

Resistencia fibra metálica



Fuente: CJ NETCOM SAC

Tabla 7

Ensayos a la compresión con fibra sintética

NETCOM		RESUMEN DE ENSAYOS A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS Y DIAMANTINOS												Código: CJNET-SGC-PE-03		
RED CORPORATIVA DE SERVICIOS		ASTM C39/ NTP 339.059												Versión: 3		
		PROYECTO: SOSTENIMIENTO MECANIZADO CON SHOTCRETE - VÍA HÚMEDA												Fecha: 12/06/2020		
		CLIENTE: UNIDAD MINERA RAURA														
		UBOCACIÓN: INTERIOR MINA														
		FECHA DE ENSAYO:														
ITEM	FECHA DE EXTRACCIÓN	FECHA DE COMPRESIÓN	TIPO DE FIBRA	SECTOR DE LANZADO (TRAMO, LABOR, NIVEL)	DIAMETRO A(mm)	DIAMETRO B(mm)	PROMEDIO DE DIAMETROS (mm)	ALTURA	AREA	CARGA	FC (kg/cm ²)	Rv ₉	FACTOR DE CORRECCION	FC CORRECCION	DIAS	PROMEDIO
1	27/03/2020	25/04/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,1	15,8	4732	241	248	100	287	28	287
2	27/03/2020	25/04/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,3	15,8	4732	230	252	100	287		
3	29/03/2020	29/04/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,1	15,8	4755	231	248	100	288	28	288
4	29/03/2020	29/04/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,3	15,8	4906	215	252	100	282		
5	02/04/2020	15/04/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,1	15,8	5585	221	248	100	307	14	281
6	02/04/2020	15/04/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,1	15,8	5642	228	248	100	304		
7	02/04/2020	30/04/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,1	15,8	5437	305	248	100	345	28	328
8	02/04/2020	30/04/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,2	15,8	4929	311	250	100	311		
9	05/06/2020	16/06/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,0	15,8	4755	268	248	100	288	14	288
10	05/06/2020	16/06/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,1	15,8	4906	262	247	100	282		
11	07/06/2020	07/07/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,2	15,8	5437	345	250	100	245	28	321
12	07/06/2020	07/07/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,1	15,8	4732	232	248	100	287		
13	13/06/2020	24/06/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,4	15,8	5075	238	255	100	318	14	288
14	13/06/2020	24/06/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,2	15,8	4049	254	250	100	245		
15	10/06/2020	07/07/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,1	15,8	5075	314	248	100	318	28	318
16	10/06/2020	07/07/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,2	15,8	5075	288	250	100	318		
17	13/06/2020	20/06/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,1	15,8	4403	276	248	100	276	14	287
18	13/06/2020	20/06/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,3	15,8	5075	257	252	100	318		
19	13/06/2020	27/06/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,1	15,8	5485	344	248	100	344	28	331
20	13/06/2020	27/06/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,0	15,8	5075	318	248	100	318		
21	15/06/2020	22/06/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,0	15,8	5644	354	248	100	354	14	332
22	15/06/2020	22/06/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,2	15,8	4952	310	250	100	310		
23	15/06/2020	23/06/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,0	15,8	6148	388	248	100	388	28	371
24	15/06/2020	23/06/2020	SINTEI CA	GL285VY-001/100	4,5	4,5	4,5	11,0	15,8	5882	358	248	100	358		

Fuente: CJ NETCOM SAC

Gráfico 3

Resistencia con fibra sintética



Fuente: CJ NETCOM SAC

Gráfico 4

Resistencia a la compresión con fibra sintética



Fuente: CJ NETCOM SAC

4.4.3. Ensayo de absorción de paneles cuadrados

Descripción

EN (14488-5). Describe que la “Determinación de la capacidad de absorción de energía de probetas planas reforzadas con fibras”.

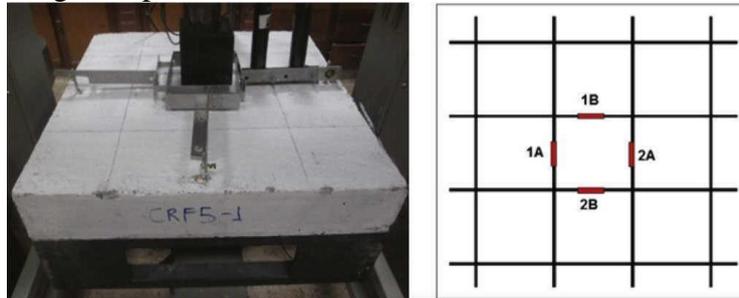
En esta norma se especifica un método para la determinación de la respuesta carga/deflexión de una probeta plana con el fin de calcular la capacidad de absorción de energía hasta una deflexión de 25 mm.

Equipos y aplicación de la carga

EN (14488-5). Describe que entre los equipos se encuentra un marco de reacción de al menos 200 KN/mm de rigidez, un deformímetro de 0.01 mm de resolución y un actuador hidráulico. El dispositivo para aplicar la carga comprende un soporte cuadrado rígido de 20 +/-1 mm de espesor y (500+/-2) mm x (500+/-2) mm de dimensiones internas. Además, se debe usar un bloque de carga cuadrado de dimensiones (100+/-1) mm x (100+/-1) mm y un espesor de (20+/- 1) mm, el que se coloca en el centro de la cara superior de la probeta plana.

Ilustración 9

Cargas en paneles cuadrados.



Fuente: Revista Ingeniería Investigación y Tecnología 2016

Losas cuadradas

EN (14488-5). Describe que las losas cuadradas son de base cuadrada de 600 mm x 600 mm con un espesor de 100 mm, deben tener una edad mínima de 14 y 28 días para el ensayo.

Ilustración 10

Muestra con panel cuadrado



Fuente: Revista Ingeniería Investigación y Tecnología 2016

Procedimiento

EN (14488-5). Describe que las losas cuadradas son de base cuadrada de 600 mm x 600 mm con un espesor de 100 mm, deben tener una edad mínima de 14 y 28 días para el ensayo.

Ilustración 11.

Colocación de panel cuadrado



Fuente: Unidad minera Carahuacra

Resultados

EN (14488-5). Describe que A partir de la curva carga/deflexión se calcula el diagrama de energía que proporciona el trabajo desarrollado como una función del desplazamiento. La capacidad de absorción de energía en julios se anota como el área bajo la curva carga/deflexión entre 0 mm y 25 mm de deflexión.

Tabla 8

Resultados de tenacidad

NETCOM RED CORPORATIVA DE SERVICIOS		RESUMEN DE ENSAYOS A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS Y DIAMANTINOS										Código: CJNET-SGC-PE-07 Versión: 3 Fecha: 12/06/2020	
ASTM C39/ NTP 339.059													
PROYECTO: SOSTENIMIENTO MECANIZADO CON SHOTCRETE – VÍA HÚMEDA CLIENTE: UNIDAD MINERA RAURA UBOCACIÓN: INTERIOR MINA FECHA DE ENSAYO:													
Nº DE SERIE	FECHA DE MODELO	TIPO DE FIBRA	EDAD (DÍAS)	FECHA DE ROTURA	LABOR	FIBRA Kg.	ADITIVO ACCELERANTE	EQUIPO DE LANZADO	SLUMP	RESISTENCIA SOLICITADA EN JOULES	RESISTENCIA EN JOULES	% ACUMULADO	OBSERVACION
0001	23/05/2020	SINETICA	28	21/06/2020	GL-651/200	24	L-33	RB-04	6.12	649	880	135%	
001	29/05/2020	METALICA	28	27/06/2020	GL-651/200	24	L-33	RB-04	6'	649	756	115%	

Fuente: CJ NETCOM SAC

4.5. Diseño de mezcla del concreto con fibra metálica

Diseño de mezcla con fibra metálica Sika Fiber-CHO65/35NB 20kg, el que se utiliza en este diseño es 24 kg de fibra metálica.

Tabla 9

Diseño de mezcla de concreta fibra metálica

		RESUMEN DE ENSAYOS A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS Y DIAMANTINOS		Código: CJNET-SGC-PE-08 Versión: 3 Fecha: 12/06/2020	
ACI COMITÉ 2011					
PROYECTO: SOSTENIMIENTO MECANIZADO CON SHOTCRETE - VIA HUMEDA CLIENTE: UNIDAD MINERA RAURA UBOCACION: INTERIOR MINA FECHA DE ENSAYO:					
CARACTERISTICAS GENERALES					
Cemento SOL y ANDINO Tipo I				3.15 gr/cm ³	
Superplastificante Gunic L 100				1.05 gr/cm ³	
Acelerante de Fragua Gunitoc L 33				1.46 gr/cm ³	
Fibra metálica				3.174 gr/cm ³	
AGREGADO GLOBAL					
Peso Unitario Suelto				1660 kg/m ³	
Peso Unitario Varillado				1818 kg/m ³	
Peso Especifico				2.611 gr/cm ³	
Absorción				2.02 %	
Tamaño Máximo Nominal				3/8"	
CARACTERISTICAS REQUERIDAS					
Resistencia a la Compresión				280 kg/cm ²	
Revenimiento				7"	
DISEÑO SECO					
	PESO		VOLUMEN		
Cemento	425		134.9		
Arena	1597.4		611.8		
Agua	191.0		191.0		
GUNIC L100	4.25		4.0		
GUNITOC L33	29.8		20.4		
Fibra Metálica	24.0		7.9		
Aire	0.0		30		
TOTAL	2272.4	Kg/m³	1000	Lm³	
PROPORCIONES EN PESO Y VOLUMEN					
	TANDA			TANDA	
Cemento	1	Bis	Cemento	1	Bis
Agregado	3.76	Bis	Agregado	3.3	Pie ³
Agua	0.45	Bis	Agua	19.1	Lt
QA/QC - CJ NETCOM		RESIDENCIA - CJ NETCOM		GEO MECANICA - RAURA	
FIRMA:		FIRMA:		FIRMA:	
NOMBRE:		NOMBRE:		NOMBRE:	
FECHA:		FECHA:		FECHA:	

Fuente: CJ NETCOM SAC

4.6. Diseño de mezcla del concreto con fibra metálica

Diseño de mezcla con fibra sintética Sika Fiber Enduro 600 Caja 7.0 kg, el que se utiliza en este diseño es de 6 kg de fibra sintética.

Tabla 10

Diseño de mezcla con fibra sintética

		RESUMEN DE ENSAYOS A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS Y DIAMANTINOS		Código: CJNET-SGC-PE-08 Versión: 3 Fecha: 12/06/2020	
ACI COMITÉ 2011					
PROYECTO: SOSTENIMIENTO MECANIZADO CON SHOTCRETE – VIA HUMEDA CLIENTE: UNIDAD MINERA RAURA UBOCACIÓN: INTERIOR MINA FECHA DE ENSAYO:					
CARACTERISTICAS GENERALES					
Cemento SOL y ANDINO Tipo I		3.15 gr/cm ³			
Superplastificante Gunic L 100		1.05 gr/cm ³			
Acelerante de Fragua Gunitoc L 33		1.46 gr/cm ³			
Fibra metálica		3.174 gr/cm ³			
AGREGADO GLOBAL					
Peso Unitario Suelto		1660 kg/m ³			
Peso Unitario Varillado		1818 kg/m ³			
Peso Especifico		2.611 gr/cm ³			
Absorción		2.02 %			
Tamaño Máximo Nominal		3/8"			
CARACTERISTICAS REQUERIDAS					
Resistencia a la Compresión		280 kg/cm ²			
Revenimiento		7"			
DISEÑO SECO					
	PESO		VOLUMEN		
Cemento	425		134.9		
Arena	1597.4		611.8		
Agua	191.0		191.0		
GUNIC L100	4.25		4.0		
GUNITOC L33	29.8		20.4		
Fibra Sintetica	6.0		1.9		
Aire	0.0		30		
TOTAL	2253.4	Kg/m³	994	L/m³	
PROPORCIONES EN PESO Y VOLUMEN					
	TANDA			TANDA	
Cemento	1	Bis	Cemento	1	Bis
Agregado	3.76	Bis	Agregado	3.3	Pie ³
Agua	0.45	Bis	Agua	19.1	Lt
QA/QC - CJ NETCOM		RESIDENCIA - CJ NETCOM		GEOMECANICA - RAURA	
FIRMA:		FIRMA:		FIRMA:	
NOMBRE:		NOMBRE:		NOMBRE:	
FECHA:		FECHA:		FECHA:	

Fuente: CJ NETCOM SAC

CAPITULO V

RESULTADOS

5.1. Ponderación de Costos

Para la evaluación de costos, es importante conocer los costos por unidad de cada material que interviene en la preparación del diseño de mezcla, a continuación, la descripción de ellos:

Tabla 11

Costo por unidad de materiales

MATERIALES	P.U.	GL.	LT.	KG.
Cemento sol tipo I (Bol.)	S/.25.50			
Arena (m3)	S/.71.00			
Plastificante GUNIC L100 (Cil.)	S/.718.00	S/.13.05	S/.3.44	
Acelerante GUNITOC L33 (Cil.)	S/.838.00	S/.15.23	S/.4.02	
Sika Fiber Enduro 600 Caja x 7kg	S/.538.00			S/.76.85
Sika Fiber - CHO65/35NB 20 kg.	S/.300.75			S/.15.04

Fuente: CJ NETCOM S.A.C.

Costos por unidad de los materiales que se usan para el diseño de mezcla.

- a. Costo por unidad del diseño usando fibra sintética por cada m3

Tabla 12

Costo por unidad con fibra sintética

MATERIAL/M3	P.U.	CANTIDAD	TOTAL
Cemento sol tipo I (Bol.)	S/.25.50	10	S/.255.00
Arena (m3)	S/.71.00	0.65	S/.46.15
Plastificante GUNIC L100 (Lt.)	S/.3.44	4	S/.13.76
Acelerante GUNITOC L33 (Lt.)	S/.4.02	20	S/.80.40
Sika Fiber Enduro 600 - 1.0 kg	S/.76.85	6	S/.461.10
TOTAL/m3			S/.865.41

Fuente: CJ NETCOM S.A.C.

b. Costo por unidad del diseño usando fibra metálica por cada m³

Tabla 13

Costo por unidad con fibra metálica

MATERIAL/M3	P.U.	CANTIDAD	TOTAL
Cemento sol tipo I (Bol.)	S/.25.50	10	S/.255.00
Arena (m3)	S/.71.00	0.65	S/.46.15
Plastificante GUNIC L100 (Lt.)	S/.3.44	4	S/.13.76
Acelerante GUNITOC L33 (Lt.)	S/.4.02	20	S/.80.40
Sika Fiber - CHO65/35NB 1.0 kg.	S/. 15.04	24	S/.360.69
TOTAL/m3			S/.756.27

Fuente: CJ NETCOM S.A.C

5.2. Discusión de Resultados

5.2.1. Resistencia a la Compresión

Tabla 14

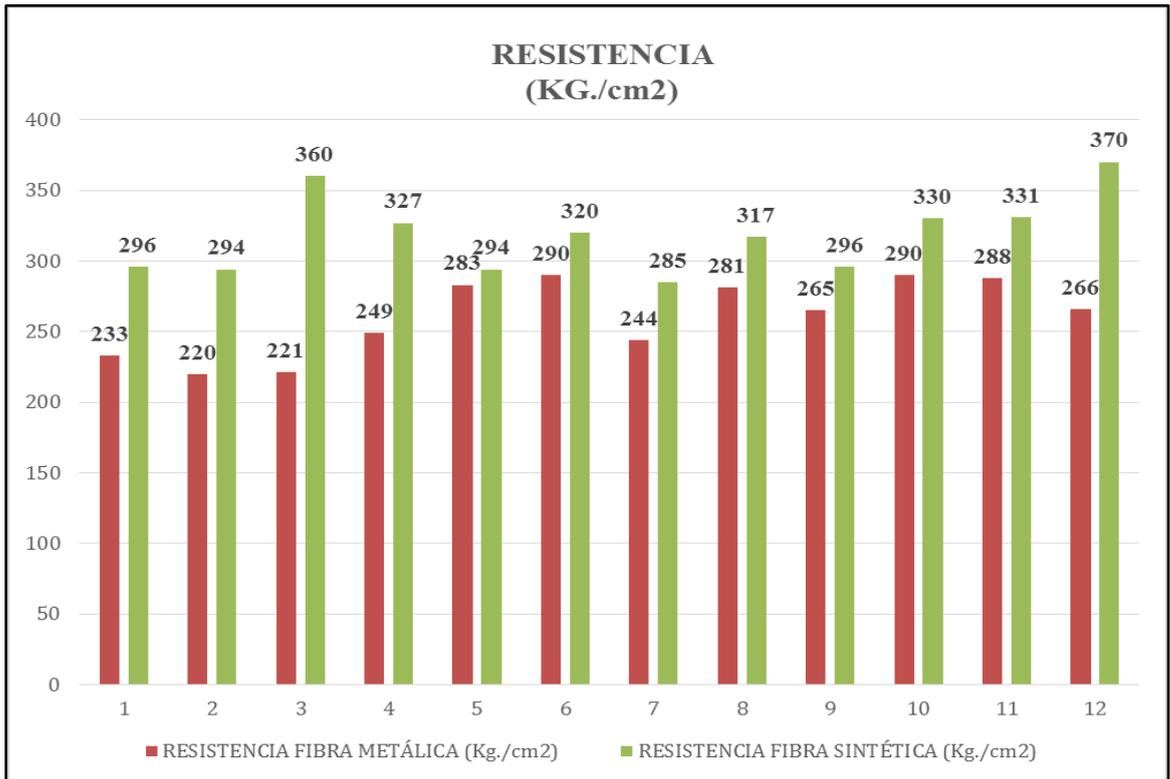
Resistencia a la Compresión

ITEM	RESISTENCIA FIBRA METALICA (KG/CM2)	RESISTENCIA FIBRA SINTETICA (KG/CM2)	DIFERENCIA (KG/CM2)
1	233	296	62.45
2	220	294	73.78
3	221	360	138.35
4	249	327	77.54
5	283	294	10.91
6	290	320	29.32
7	244	285	40.87
8	281	317	35.92
9	265	296	30.76
10	290	330	39.88
11	288	331	42.68
12	266	370	103.84
			57.20

Fuente: CJ NETCOM S.A.C

En la Tabla N° 14 se observa el resumen de los resultados de resistencia a la compresión de núcleos que se extrajeron de la UM Raura (Galería 651 Nv. 100); como se observa, la resistencia a la compresión con fibra sintética tiene un promedio de 57.20 Kg./cm² sobre la fibra metálica.

Gráfico 5
Resistencia F. Metálica vs. Sintética

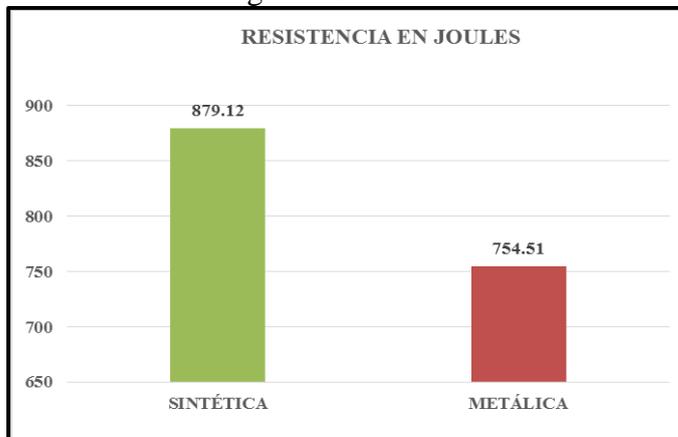


Fuente: CJ NETCOM S.A.C

5.2.2. Tenacidad – absorbcia de energía

La Universidad Católica del Perú analizó la resistencia de las fibras sintéticas y metálicas, el resultado determinó que la primera tiene una absorción y tenacidad superior a la metálica (la que se usa en el sostenimiento por vía húmeda dentro de UM) con un 16.5%.

Gráfico 6
Absorción de Energía F. Sintética vs. F. Metálica



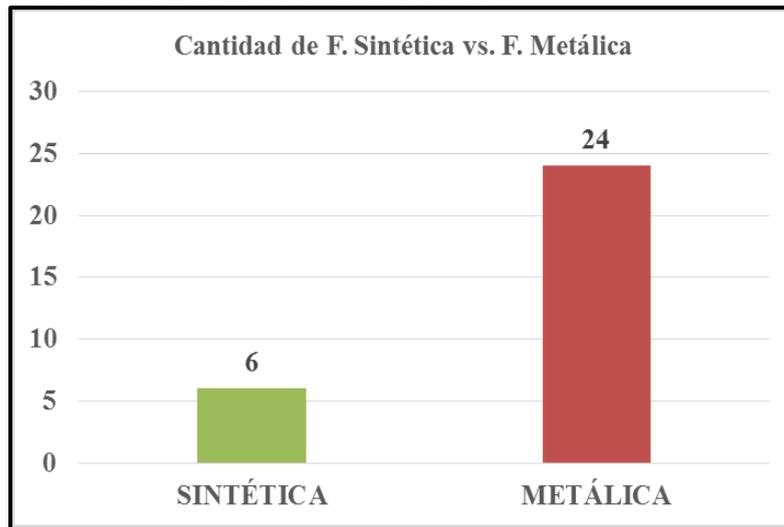
Fuente: CJ NETCOM S.A.C

5.2.3. Dosificación

En cuanto al diseño del shotcrete que UM Raura usa, los resultados con la fibra sintética son más favorable cuando se usa en menor volumen, 18 kg menos en comparación a la metálica.

Gráfico 7

Cantidad de F. Sintética vs. F. Metálica



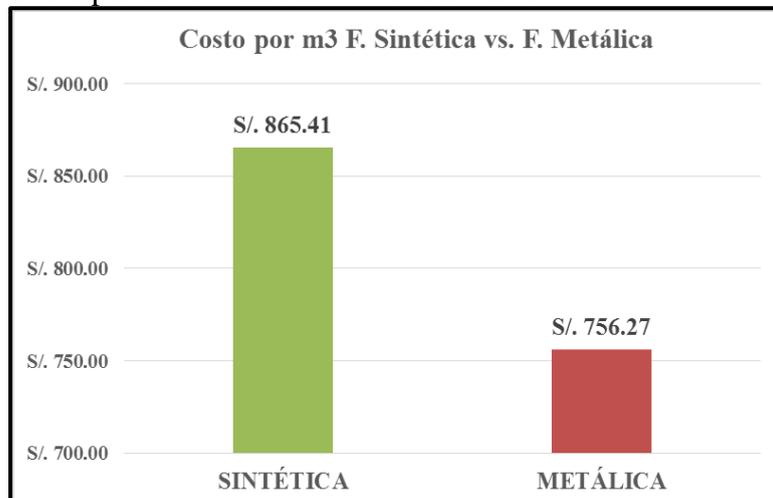
Fuente: CJ NETCOM S.A.C

5.2.4. Resultado de Costos

Con respecto a los costos por unidad de los materiales que se usan para el diseño de mezcla, se determinó que entre las fibras metálicas y sistemáticas hay una diferencia por m³ de concreto de S/.109.14 más en la fibra sintética con respecto a la segunda.

Gráfico 8

Costo por m³ F. Sintética vs. F. Metálica



Fuente: CJ NETCOM S.A.C

5.3. *Análisis Final*

De acuerdo a los resultados finales la compresión y la absorción de energía en la fibra sintética tiene resultados mucho más favorables que con el uso de la fibra metálica, sin embargo, en temas de costos por m³ el resultado es mayor.

Con relación a la resistencia a la compresión que tiene la fibra sintética es mayor que la fibra metálica en promedio de 57.20 kg/cm².

En cuanto a la dosificación de fibra sintética, esta requiere una cantidad menor 6Kg. Tiendo así mejores resultados de compresión y tenacidad, mientras que la fibra metálica necesita 24Kg. por m³ de presencia en el diseño de mezcla.

Según los precios unitarios, la fibra sintética versus la fibra metálica, respecto al diseño de mezcla por m³, el diseño con fibra sintética tiene un valor de S/865.41, mientras que la metálica tiene un costo de S/. 756.27, habiendo una diferencia de S/. 109.14 soles por m³ de mezcla.

Para la optimización del lanzado de shotcrete se cuenta con la disponibilidad de equipos mecanizados como:

- Robot lanzador PUTZMEISTER SPM 4210
- Equipo Mixkret 4 PUTZMEISTER
- Minicargador
- Planta de Concreto
- Montacarga
- Volquete

que cuentan con la capacidad adecuada para las labores de sostenimiento mecanizado con shotcrete, permitiendo el avance de operaciones en los tiempos programados, evitando paralizaciones o retrasos, obteniendo una producción óptima.

5.4. Prueba de Hipótesis

Se realiza la evaluación de prueba de hipótesis

Tabla 15

Evaluación 1 y 2

ITEM	RESISTENCIA FIBRA METALICA (KG/CM ²)	RESISTENCIA FIBRA SINTETICA (KG/CM ²)
1	233	296
2	220	294
3	221	360
4	249	327
5	283	294
6	290	320
7	244	285
8	281	317
9	265	296
10	290	330
11	288	331
12	266	370

Fuente: Elaboración Propia

Se evalúan los resultados de cada evaluación de ruido.

Hi: La optimización del lanzado de shotcrete reduce costos en la operación de sostenimiento CJ NETCOM SAC - Cía. Minera Raura S.A.- 2020

Ho: La optimización del lanzado de shotcrete no reduce costos en la operación de sostenimiento CJ NETCOM SAC - Cía. Minera Raura S.A.- 2020.

Se aplicó la prueba t de Student

Tabla 16

Prueba T de Student

	Variable 1	Variable 2
Media	260.8333333	318.3333333
Varianza	712.1515152	734.060606
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0.094887788	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	-5.505397033	
P(T<=t) una cola	9.23647E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1.795884819	
P(T<=t) dos colas	0.000184729	
Valor crítico de t (dos colas)	2.20098516	

Fuente: Elaboración Propia

$$p < 0.05 \longleftrightarrow 0.000184 < 0.05$$

Por lo que se rechaza Ho y se VALIDA Hi; entonces, validamos que la optimización del lanzado de shotcrete reduce costos en la operación de sostenimiento CJ NETCOM SAC - Cía. Minera Raura S.A.- 2020.

Validez y confiabilidad:

Se usará para la validez y confiabilidad se usará el spss22

Tabla 17

Validación

ALFA DE CRONBACH	N° DE ELEMENTOS
0.89	12

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

1. La optimización del lanzado de shotcrete por vía húmeda redujo costos en la operación de sostenimiento CJ NETCOM SAC - Cía. Minera Raura S.A.- 2020.
2. La evaluación del diseño de mezcla en el lanzado de shotcrete reduce costos en la operación de sostenimiento CJ NETCOM SAC - Cía. Minera Raura S.A.- 2020.
3. La evaluación de la disponibilidad mecánica de los equipos de lanzado de shotcrete redujo costos en la operación de sostenimiento CJ NETCOM SAC - Cía. Minera Raura S.A.- 2020.

RECOMENDACIONES

1. Mantener el sistema de lanzado de shotcrete por vía húmeda para futuras operaciones y así mantener los costos en el mismo nivel que se obtuvo en Cía. Minera Raura S.A.
2. Continuar con las evaluaciones del diseño de mezcla en el lanzado de shotcrete en futuras operaciones para mantener los mismos niveles de costos operacionales de sostenimiento.
3. Continuar con los mantenimientos preventivos a los equipos de la empresa y con esto asegurar la disponibilidad mecánica de los equipos de lanzado de shotcrete en futuras operaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Tapia (2017) - “Diseño y aplicación del shotcrete vía húmeda como elemento de sostenimiento en labores mineras – Inpecon sociedad anónima cerrada – Mina Chipmo Compañía Minera Buenaventura Unidad Orcopampa”
- Guzmán (2018) - “Sostenimiento con shotcrete vía húmeda en la mina cobriza”
- Barreda (2014) - “Diseño de planta subterránea para optimizar y reducir costos en mina Chipmo Cía. de minas Buenaventura”
- Fernández y Valderrama (2018) - “Parámetros para maximizar la adhesión del shotcrete por proceso húmedo en minería subterránea de Consorcio Minero Horizonte S.A”
- Cabera y Garay (2015) - “Gestión de calidad en el proceso de lanzado de shotcrete en túneles”
- García (2014) - “La palabra hormigón proyectado se ha adoptado en Chile para la descripción del shotcrete de acuerdo con la definición del *American Concrete Institute (ACI)*”
- Bernard (2015) - “La Sociedad Australiana de shotcrete fue formada en 1998 como un grupo industrial sin fines de lucro comprometido a mejorar el reconocimiento del valor y usos del hormigón proyectado en la minería australiana e industrias de la construcción”

Anexo 2

Listado de precios de fibra sintética / metálica

LISTA DE PRECIOS CONSTRUCCIÓN GENERAL				<table border="1"> <tr> <td>PPI</td> <td>Producto en inventario</td> </tr> <tr> <td>PSP</td> <td>Producto sobre pedido</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>Producto nuevo</td> </tr> </table>		PPI	Producto en inventario	PSP	Producto sobre pedido	N	Producto nuevo	Vigente a partir de: Junio 12, 2012		
PPI	Producto en inventario													
PSP	Producto sobre pedido													
N	Producto nuevo													
		Aplica en: Quintana Roo, Campeche, Yucatán, Chiapas y Oaxaca.												
		Presentación												
Código	Nombre del artículo	Descripción del producto	KG/Mts	LT	Tipo de pedido	Cant. Mín.	Divisa	Precio Unitario	I.V.A.	TOTAL				
433513	Sika Desmoldante Acua Cubeta 19L 18.22kg	Desmoldante emulsificado base agua.	18.2	19.0	PPI	1	MXN	\$ 474.77	\$ 75.96	\$ 550.74				
424234	Tambor 191.8kg 200lt		191.8	200.0	PPI	1	MXN	\$ 3,880.18	\$ 620.83	\$ 4,501.01				
97135	Sika Fiber Bolsa Biodegradable 0.6 kg	Fibra de polipropileno para refuerzo secundario del concreto.	0.600	NA	PPI	20	MXN	\$ 70.27	\$ 11.24	\$ 81.51				
119172	Sika Fiber Enduro 600 Caja 7.0 kg	Fibras macro-sintéticas de polipropileno virgen para reforzamiento de concreto.	7.0	NA	PSP	1	USD	\$ 137.39	\$ 21.98	\$ 159.37				
92735	Sikafiber-CHO65/35NB 20 kg	Fibra de acero para refuerzo de concreto.	20.0	NA	PPI	1	USD	\$ 77.03	\$ 12.32	\$ 89.35				
409929	SikaFiber Xorex bolsa 20 kg	Fibra de acero para refuerzo de concreto.	20.0	NA	PSP	1	USD	\$ 63.96	\$ 10.23	\$ 74.20				
103917	Wirand-FS3N Caja 20 kg	Fibra de acero para refuerzo de concreto.	20.0	NA	PSP	1	USD	\$ 89.19	\$ 14.27	\$ 103.46				
96826	Sikadur Arena Fina Saco de 30 kg	Arena silica para usos especiales.	30.0	NA	PPI	1	MXN	\$ 229.73	\$ 36.76	\$ 266.49				
96829	Gruesa Saco 30 kg		30.0	NA	PPI	1	MXN	\$ 213.51	\$ 34.16	\$ 247.68				
96828	Mediana Saco 30 kg		30.0	NA	PPI	1	MXN	\$ 213.51	\$ 34.16	\$ 247.68				
96781	Rugasol C Cubeta 20 kg	Retardante superficial de fraguado.	20.0	18.7	PPI	1	MXN	\$ 681.98	\$ 109.12	\$ 791.10				
Adhesivos epóxicos														
92865	Sikadur 31 Hi-Mod Gel Unidad 1kg	Adhesivo epóxico.	1.0	0.595	PPI	6	MXN	\$ 240.54	\$ 38.49	\$ 279.03				
90608	Sikadur 32 Gel Unidad 1 kg	Puente de adherencia epóxico.	1.0	0.625	PPI	6	MXN	\$ 283.78	\$ 45.41	\$ 329.19				
92866	Unidad 5 kg		5.0	3.1	PPI	2	MXN	\$ 1,159.46	\$ 185.51	\$ 1,344.97				
103296	Sikadur 52 Unidad 1 kg	Resina epóxica baja viscosidad para inyección de grietas.	1.0	0.9	PPI	1	MXN	\$ 386.49	\$ 61.84	\$ 448.32				
92867	Unidad 5 kg		5.0	4.5	PPI	2	MXN	\$ 1,714.41	\$ 274.31	\$ 1,988.72				
90568	Sikadur-51 SL Unidad 19.04 kg	Resina epóxica semi-flexible para sello de juntas de control.	19.0	15.2	PPI	1	USD	\$ 361.26	\$ 57.80	\$ 419.06				
91111	Sikadur-35 HI Mod LV Unidad 12.45 kg	Adhesivo epóxico multipropósito de baja viscosidad y alta resistencia.	12.5	11.4	PPI	1	MXN	\$ 4,835.14	\$ 773.62	\$ 5,608.76				
Anclajes														
155388	Sika AnchorFix-1Cart 0.49 kg	Adhesivo de curado rápido para anclajes.	0.490	0.301	PPI	12	MXN	\$ 209.91	\$ 33.59	\$ 243.50				
112718	Sika AnchorFix-2 Cart 0.489 kg	Adhesivo epóxico-acrilato para anclajes de curado rápido.	0.489	0.300	PPI	12	MXN	\$ 361.26	\$ 57.80	\$ 419.06				
151199	Sika AnchorFix-3+ Unidad 0.58 Kg	Adhesivo epóxico para anclajes de alto desempeño.	0.580	0.400	PPI	12	MXN	\$ 444.14	\$ 71.06	\$ 515.21				
www.sika.com.mx														
01-800-123-SIKA (7452)														
3														

Anexo 3
Panel Fotográfico



Lanzado de concreto con robot Putzmeister



Medición de slump de concreto



Robot Putzmeister



Trasegado de concreto mixer a robot lanzador de concreto



Preparación para lanzado



Equipo Mixkret 4



Mantenimiento de Equipo



Volquetes Volvo



Reunión de 5 minutos antes de las labores

Inspección en campo





UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 037-2023-FIMGC

En la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 225-2023-FIMGC-D**, siendo los doce días del mes de junio del 2023, a horas 8:00 am.; se reunieron los jurados del acto de sustentación, en el Auditorium virtual google meet del Campus Universitario de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Siendo el Jurado de la sustentación de tesis compuesto por el presidente el **Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**, Jurado el **Dr. Ing. Víctor Félix FLORES MORENO**, Jurado el **Dr. Ing. Johnny Henry CCATAMAYO BARRIOS**, Jurado - Asesor el **Mg. Ing. Roberto Juan GUTIÉRREZ PALOMINO** y secretario del proceso el **Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**, con el objetivo de recepcionar la sustentación de la tesis denominada titulado: “**OPTIMIZACIÓN DE LANZADO DE SHOTCRETE PARA REDUCIR COSTOS OPERATIVOS, CJ NETCOM SAC - CÍA MINERA RAURA S.A.- 2020**”, presentado por el/la Sr./Srta., **Sheyla Olimpia TALAVERA GAZGA**, Bachiller en **Ciencias de la Ingeniería Minas**.

El Jurado luego de haber recepcionado la sustentación de la tesis y realizado las preguntas, el sustentante al haber dado respuesta a las preguntas, y el Jurado haber deliberado; califica con la nota aprobatoria de **16 (dieciséis)**.

En fe de lo cual, se firma la presente acta, por los miembros integrantes del proceso de sustentación.



Firmado digitalmente por
Efraín Elías Porras Flores
Fecha: 2023.06.17
12:58:39 -05'00'

Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES
Presidente



Firmado digitalmente por Dr.
Johnny Henry
Ccatamayo Barrios
Fecha: 2023.06.14
16:59:09 -05'00'

Dr. Ing. Johnny Henry CCATAMAYO BARRIOS
Jurado



Firmado digitalmente por
Mg. Ing. Roberto J.
Gutierrez Palomino

Mg. Ing. Roberto Juan GUTIÉRREZ PALOMINO
Jurado Asesor



Dr. Ing. Víctor Félix FLORES MORENO
Jurado

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR
Secretario del Proceso

C.c.:
Bach. Sheyla Olimpia TALAVERA GAZGA
Jurados (4)
Archivo



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 041-2023-FIMGC

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, en segunda instancia para las **Escuelas Profesionales** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 281-2022-FIMGC- UNSCH-D**, deja constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : TALAVERA GAZGA, Sheyla Olimpia
Escuela Profesional : INGENIERÍA DE MINAS
Título de la Tesis : “OPTIMIZACIÓN DE LANZADO DE SHOTCRETE PARA REDUCIR COSTOS OPERATIVOS, CJ NETCOM SAC – CÍA MINERA RAURA S.A. 2020”
Evaluación de la Originalidad : 22 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 2111131491

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 07 de junio del 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR
Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de

Con depósito para Sustentación y Tramites
Cc. Archivo

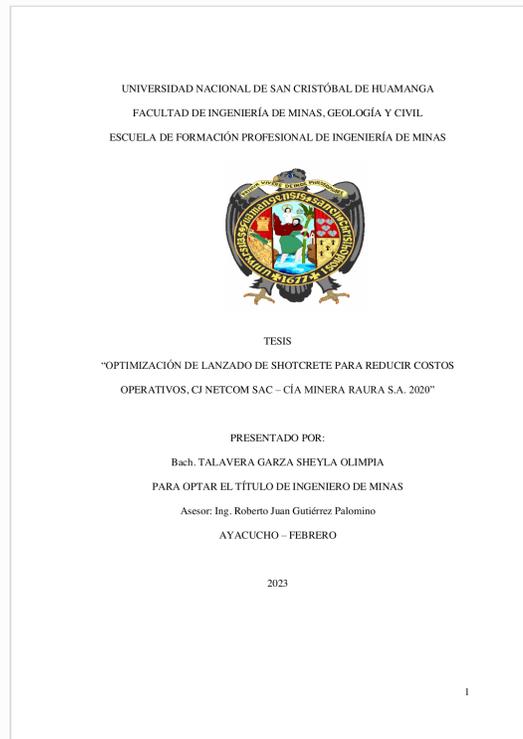


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Sheyla Talavera Gazga
Título del ejercicio: REVISIÓN DE TESIS
Título de la entrega: BORRADORA DE TESIS
Nombre del archivo: S_OPTIMIZACION_DE_LANZADO_DE_SHOTCRETE_PARA_REDU...
Tamaño del archivo: 5.65M
Total páginas: 75
Total de palabras: 10,910
Total de caracteres: 56,578
Fecha de entrega: 27-may.-2023 06:18p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2103296066



“OPTIMIZACIÓN DE LANZADO DE SHOTCRETE PARA REDUCIR COSTOS OPERATIVOS, CJ NETCOM SAC – CÍA MINERA RAURA S.A. 2020”

por Sheyla Olimpia Talavera Garza

Fecha de entrega: 07-jun-2023 11:12a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2111131491

Nombre del archivo: Tesis_TALAVERA_GARZA_SHEYLA_OLIMPIA_EPIM.pdf (3.18M)

Total de palabras: 11332

Total de caracteres: 68053

"OPTIMIZACIÓN DE LANZADO DE SHOTCRETE PARA REDUCIR COSTOS OPERATIVOS, CJ NETCOM SAC – CÍA MINERA RAURA S.A. 2020"

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

17%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	12%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	3%
3	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	2%
4	www.putzmeisterunderground.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad de San Martín de Porres Trabajo del estudiante	1%

8	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
9	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	<1 %
12	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo