



## **UNIVERSIDAD SIGLO 21**

**MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SHOTCRETE EN LA UNIDAD MINERA  
SANTA CRUZ”**

**Autor**

**Patricia Noemi Elena Contrera Santander**

**Legajo**

**VMBA01641**

**Director**

**Juan Carlos Encinas**

**San Juan, Argentina**

**2021**

## **Dedicatoria**

Dedicado a mi novio Manuel, que con su amor me apoyó en esta decisión de elegir esta carrera y me alentó a seguir creciendo y a no dejarme caer. También lo dedico en honor a la memoria de mi padre Alberto y a mi madre Adriana y hermanos Kevin y Leonel por las horas que dejé de compartir con ellos para avanzar con la carrera y finalizar con la presentación de este trabajo.

Agradecer a todas las personas que me apoyaron en esta tesis con sus ideas y comentarios, gracias al Doctor Ingeniero Juan Carlos Encinas, que sin su ayuda no hubiese sido posible el desarrollo correcto de esta tesis.

No puedo dejar de mencionar a la empresa Minera Santa Cruz y a los ingenieros de las áreas involucradas quienes me facilitaron recursos para poder llevar a cabo el trabajo de tesis.

## Resumen

El presente trabajo de innovación tiene como propósito principal plantear estrategias para generar cambios en la operación unitaria de sostenimiento con Shotcrete de un ciclo minero, proponer un plan de acción para mejorar el proceso del mismo donde se han detectado dificultades a corregir y con ello mejorar los indicadores de eficiencia del proceso con una estructura de costos optimizada.

Para esto, se lleva a cabo un análisis profundo y detallado de trabajos realizados en el campo de la minería referidos al sistema de sostenimiento y un análisis con el área de Costos y Geotecnia para tener un panorama más detallado de los consumos y gastos actuales que conllevan el uso de shotcrete en la Unidad Minera Santa Cruz donde se desarrolló el trabajo.

Complementariamente, se hizo uso del diagrama de proceso del Shotcrete y se conversó con los operarios involucrados para detectar desvíos del proceso que con las planillas quizás no sean de fácil detección.

A partir de la información y datos recopilados, se propone un Plan de Acción que involucra para el caso de Interior Mina el registro de tiempos efectivos de operación y tiempos no efectivos (gestionables y no gestionables), para obtener indicadores relacionados al ciclo productivo, así será posible actuar sobre aquellos Kpi que estén fuera de lo estándar (key performace indicator = indicador clave de rendimiento; es una medida del rendimiento de un proceso, se utilizan para cuantificar el grado de cumplimiento de los objetivos fijados previamente y reflejar el rendimiento de la empresa)

Para el caso de la Planta, se proponen planes de acción de acuerdo con el análisis de las 5M's (sistema de análisis de fallos estructurado que fija cinco pilares fundamentales alrededor de los cuales giran las posibles causas de un problema. Estas cinco 'M' corresponden a: máquina, método, mano de obra, materiales/materia prima y medición. A veces, se puede considerar medio ambiente)

Ésto ayudará a desarrollar una estructura de costos optimizada y una operación eficiente de sostenimiento con shotcrete, por lo que la implementación de un proceso económicamente eficiente es una necesidad urgente para la empresa que debe abaratar costos puesto que se encuentra en la etapa final de su vida útil.

## Índice

Introducción .....	10
Capítulo 1 – Planteamiento del Problema.....	14
1.1. Objetivos .....	16
1.1.1. General.....	16
1.1.2. Específicos .....	16
1.2. Justificación.....	17
1.3. Limitaciones del Estudio .....	19
1.4. Lugar donde se desarrolló el Trabajo .....	19
Capítulo 2 – Marco Teórico .....	21
2.1. Antecedentes .....	21
2.2. Marco Conceptual .....	25
2.2.1. Generalidades del yacimiento .....	25
Capítulo 3 - Metodología .....	33
3.1. Diagnóstico .....	36
3.1.1. Presupuesto vs Real de Shotcrete .....	36
3.1.2. Recolección de Datos .....	37
3.1.3. Dosificaciones.....	38
3.1.4. Nueva Dosificación Propuesta.....	41
Capítulo 4 – Análisis de Resultados – Plan de Acción.....	44
4.1. Dosificaciones .....	44

4.2. Nueva Dosificación Propuesta .....	47
4.3. Interior Mina .....	50
4.4. Análisis de Tiempos .....	52
4.4.1. Planta Shotcrete .....	52
4.4.2. Interior Mina .....	54
4.5. Análisis de Costos .....	55
4.5.1. Presupuesto Actual.....	55
4.5.2. Presupuesto para Nueva Propuesta de Dosificación .....	56
4.5.3. Comparación de Costos.....	57
4.5.4. Estimación de Costos Mensual .....	57
Capítulo 5 - Conclusiones .....	60
Bibliografía .....	63
Anexo 1: Diagrama Proceso de Shotcrete.....	65
Anexo 2: Análisis 5 M's .....	66
Anexo 3: Presupuesto Shotcrete 2019 y 2020 .....	67
Anexo 4: Equipos Utilizados .....	69
Anexo 5: Planillas de Campo.....	71
Anexo 6: Observaciones en Interior Mina .....	73
Curriculum Vitae.....	77

## Lista de Figuras

Figura 1: Ubicación de Minera Santa Cruz.....	26
Figura 2: Rutas de acceso al Yacimiento .....	26
Figura 3: Aplicación robotizada de shotcrete en superficies. Fuente: (Rey, 2006) .....	31
Figura 4 : A la izquierda, agregado de agua con manguera. A la derecha, agregado manual de fibras.....	40
Figura 5: A la izquierda, agregado manual de aditivos. A la derecha, sistema dosificador de aditivos rústico. ....	41
Figura 6: Elemento a usar para la prueba a escala .....	43
Figura 7: Ensayo de asentamiento en labor .....	51
Figura 8: Ensayo realizado luego de agregar reductor de agua .....	51
Figura 9: Equipo Robot.....	69
Figura 10: Equipo Mixer.....	69
Figura 11: Vista Lateral de Planta Dosificadora.....	70
Figura 12: Obstrucción de la boquilla.....	73
Figura 13: Obstrucción de la criba.....	73
Figura 14: Aglomerado de fibras.....	74
Figura 15: Limpieza del equipo .....	74
Figura 16: Labor de sección no adecuada.....	75
Figura 17: Inconvenientes en Rampas.....	75
Figura 18: Pernos salientes.....	76

## Lista de Tablas

Tabla 1 Cronograma de actividades del proyecto .....	35
Tabla 2 Dosificación Teórica por m <sup>3</sup> de Shotcrete.....	38
Tabla 3 Ensayos granulométricos .....	39
Tabla 4 Ensayo 1er muestra .....	40
Tabla 5 Ensayo 2da muestra .....	40
Tabla 6 Ensayo 3er muestra .....	41
Tabla 7 Dosificación Actual de Reductor de Agua.....	48
Tabla 8 Dosificación Propuesta del Reductor de Agua .....	48
Tabla 9 Dosificación Propuesta para la prueba a escala .....	49
Tabla 10 Dosificación Actual para la prueba a escala .....	49
Tabla 11 Costo Actual por m <sup>3</sup> .....	56
Tabla 12 Costo Propuesto por m <sup>3</sup> .....	57
Tabla 13 Comparativa costos .....	57
Tabla 14 Estimación presupuesto 2021 .....	58
Tabla 15 Reducción del Ppto de Shotcrete impactando en el índice final costo/metro.....	59



## Lista de Gráficas

Gráfica 1: USD Presupuesto vs USD Real .....	36
Gráfica 2: m3 Presupuesto vs m3 Real .....	36
Gráfica 3: Distribución Granulométrica .....	44
Gráfica 4: Relación Retardante vs Cemento .....	46
Gráfica 5: Relación Reductor vs Cemento .....	46
Gráfica 6: Asentamiento Dosificación Actual vs Asentamiento Dosificación Propuesta .....	49
Gráfica 7: Distribución de Tiempos en Planta .....	52
Gráfica 8: Actividades de Tiempo No Efectivo Gestionable - Planta .....	53
Gráfica 9: Actividades de Tiempo No Efectivo No Gestionable - Planta .....	53
Gráfica 10: Distribución de Tiempos - Interior Mina .....	54
Gráfica 11 : Actividades de Tiempo No Efectivo No Gestionable – Interior Mina .....	54
Gráfica 12: Actividades de Tiempo No Efectivo Gestionable - Interior Mina .....	55
Gráfica 13: Distribución costos por m3 shotcrete .....	56

## Introducción

El shotcrete consiste en hormigón o mortero colocado por proyección neumática de alta velocidad desde una boquilla. Sus componentes son áridos, cemento y agua, y se puede complementar con materiales finos, aditivos químicos y fibras de refuerzo (Ms. Ing. Rogerio Venancio, 23 de junio 2020). Las principales aplicaciones del hormigón proyectado en minería son el soporte y el revestimiento de las rocas y también es ampliamente usado para la estabilización de taludes.

Uno de los métodos empleados, es el de Vía Húmeda, donde el hormigón ya mezclado con agua se transporta por la tubería hasta la boquilla donde se mezcla con aire comprimido y acelerante el cual agiliza el fraguado y así poder proyectarlo sobre la labor.

Las operaciones mineras subterráneas en la actualidad están basándose fundamentalmente en mejorar el desempeño del ciclo de minado para abaratar costos. Para lo cual, se optó por estudiar el control en el proceso de sostenimiento mecanizado más conveniente a emplear en la estabilización de las labores mineras, debido a la pérdida económica y material que se tiene por desprendimiento de roca.

Se comenzó a trabajar en el sostenimiento con shotcrete por vía húmeda, basándose en la estabilidad del macizo rocoso, lo cual permitirá establecer y alcanzar una ventaja estimada en el ciclo de minado y una estructura de costos optimizada. La utilización de esta técnica en el sostenimiento subterráneo es un elemento clave en el proceso de minado y en

la producción planificada de mineral. La calidad del concreto proyectado y la velocidad de colocación controlan la velocidad de producción.

Este es el caso de la Unidad Minera Santa Cruz, ubicada por Ruta 43 a 10 km oeste del Pluma en Localidad Lago Buenos Aires, entre Perito Moreno y Las Heras, en la provincia de Santa Cruz, Argentina. Es un yacimiento rico en plata y oro.

La implementación de un proceso económicamente eficiente es una necesidad urgente para esta Unidad que debe disminuir costos puesto que se encuentra en la etapa final de su vida útil.

Para ello, se busca mejorar el proceso de sostenimiento con shotcrete siendo éste la etapa más importante de un ciclo minero para poder seguir avanzado en la operatividad ya sea analizándolo desde el punto de vista de seguridad (desprendimiento de rocas sobre una persona o equipo) y desde el punto de vista económico para aprovechar al máximo los recursos empleados en la preparación de la mezcla del shotcrete y no tener consumos excesivos de los mismos conllevando un mayor gasto.

Se mostrarán las causas básicas que existen en la desviación de los costos operacionales en el sostenimiento con shotcrete vía húmeda, así mismo se presentaran el reflejo de los altos y bajos rendimientos promedios en la producción de: elaboración, transporte y lanzado de shotcrete y así definir la “fórmula” adecuada para lograr una alta calidad de éste y un ahorro en esta operación unitaria de sostenimiento.

Se estima que este proyecto tendrá una importancia entre 4 y 5, pues permitirá aprovechar el conjunto de oportunidades al tener un control de

costos de operación de sostenimiento. Una estrategia FO (Fortalezas-Oportunidades) será demostrar las capacidades y habilidades de los operarios a través de capacitaciones.

Se puede mencionar una estrategia DO (Debilidades-Oportunidades) el mejorar y capacitar al Supervisor, el cual ayudará en parte a la reducción de los tiempos de pérdidas operacionales permitiendo tener mejores prácticas de trabajo.

La idea, es que ésto sea aplicable en un corto plazo ya que a partir de las pruebas pilotos a realizar se busca aplicar de manera inmediata el cambio en la fórmula y así mejorar la calidad y aportar mayor valor y rapidez al proceso de sostenimiento, lo cual es la primer parte del ciclo minero, puesto que, si no se sostiene, no se puede pasar a perforación, no se volará y por ende no se obtendrán las toneladas de extracción para cumplir las cuotas diarias, semanales o mensuales.

Para poder desarrollar de manera adecuada este trabajo, el mismo se ordenará en una serie de capítulos. Comenzará con el capítulo vinculado con el planteamiento del problema, en el cual se presenta la línea de razonamiento que lleva a la identificación del mismo y se formularan las respectivas preguntas de investigación, se definirá el objetivo general y los objetivos específicos, se justificará y se mencionaran las limitaciones del estudio.

En segundo término, en el capítulo correspondiente al marco teórico, se detallarán teorías, conceptos, terminología que sustentan la metodología utilizada. Seguidamente, el capítulo referido a la metodología se inicia con una descripción general del enfoque metodológico empleado, así como también, la

justificación de su elección para resolver el problema planteado y alcanzar los objetivos del estudio.

Continuando con la estructura del presente trabajo, se prosigue con el capítulo de análisis de resultados, así como su interpretación en función del problema planteado, los objetivos fijados y el marco teórico expuesto para finalizar con en el capítulo de conclusiones.

## Capítulo 1 – Planteamiento del Problema

El concreto proyectado carece de un diseño de dosificación universalmente aceptado. Los diseños existentes no suelen ser diseños directos al estilo de los numerosos diseños empleados en concretos convencionales, sino diseños que recogen de forma indirecta experiencias empíricas fruto de la práctica.

La ventaja de estos planteamientos indirectos es que dan un cierto criterio para una primera dosificación tentativa. Asimismo, tiene inconvenientes, tales como: la imprecisión de la dosificación de partida, el condicionamiento de los equipos de proyección, la no consideración del tipo de agregados, etc. Esta situación de cierta incertidumbre está muy asumida en el mundo de la minería.

La falta de un diseño de dosificación dificulta la optimización de los componentes tradicionales utilizados para su elaboración.

El sostenimiento con shotcrete posee ventajas y desventajas enormes en su calidad de proceso de soporte de rocas; ello, sumado al avance logrado en materiales, equipos y conocimientos de aplicación, ha hecho de esta técnica una herramienta muy importante y necesaria para los trabajos de minería subterránea.

Independientemente del tipo de terreno en interior mina, uno de los problemas que se muestra al utilizar este sistema de sostenimiento es la inadecuada dosificación, mezclado, y diseño de mezcla que proporciona la fabricación de concreto, lo cual representa costos elevados en la preparación y

transporte que deberían mantenerse al mínimo para tener un resultado óptimo de este método.

Es probable, que ésto responda a la pregunta central ¿Cuáles son los factores que conllevan un aumento de costos y que provocan una disminución de calidad del shotcrete y demoras en su colocación en interior mina utilizado por la Minera Santa Cruz?

El interrogante anterior da pie para indagar más en otros tipos de factores como en aquellos que radican en la falta de Supervisión, puesto que al momento que el Mixer y Robot llegan a la labor, no pueden comenzar con el lanzado debido a que ésta no se encuentra preparada, lo cual se solucionaría con la visita previa del supervisor a la labor para verificar las condiciones de operación.

También hay variables operativas por la falta de capacitación al personal, provocando una incorrecta aplicación del producto, como por ejemplo un espesor mayor al indicado y excesivo rebote, produciendo a su vez un consumo excesivo.

Estas falencias en el proceso de elaboración y sostenimiento de shotcrete que usa actualmente la Unidad Minera originan altos costos para la empresa. No obstante, estos planteamientos indirectos dan un cierto criterio para una primera dosificación tentativa.

Es probable detectar más aspectos para revisar y trabajar, es por ello que la Empresa debe hacer énfasis en mejorar la calidad y aportar mayor valor y rapidez al proceso de sostenimiento para cumplir las cuotas diarias, semanales y/o mensuales de producción.

En forma adicional al interrogante planteado, el estudio busca responder las preguntas específicas que se indican a continuación:

¿Qué problemas surgen o se originan durante la elaboración del shotcrete?

¿Cuáles son los tiempos muertos que existen dentro de mina que dificultan el lanzamiento del shotcrete?

¿El preparado de las dosificaciones para la elaboración del shotcrete es el adecuado?

¿Es posible que el operador no cuente con las capacitaciones o técnicas adecuadas de lanzamiento de shotcrete dentro de interior mina?

¿Cómo podrían las mejoras operativas, adaptar el modelo de negocio de Shotcrete para optimizar costos?

### *1.1. Objetivos*

Los siguientes objetivos expresan la problemática que se espera estudiar y resolver, así como también, los aportes que realiza el presente trabajo.

#### *1.1.1. General*

Detectar las causas que provocan una disminución en la calidad del shotcrete y demoras en su lanzamiento en interior mina utilizado por la Minera Santa Cruz, de esta manera, proponer un proceso económicamente eficiente.

#### *1.1.2. Específicos*

- Mejorar la calidad del sostenimiento con shotcrete vía húmeda, obteniendo bajos costos por metro cúbico de lanzamiento.



- Determinar los puntos críticos que afectan el proceso.
- Analizar las causas de los tiempos muertos.
- Analizar las dosificaciones que se realizan respecto a la adición de agua y aditivos.
- Optimizar el rendimiento del lanzado aplicando correctamente las técnicas de proyección de lanzado de shotcrete

## *1.2. Justificación*

Siendo el sostenimiento la etapa más importante de un ciclo minero para poder seguir avanzado en la operatividad, se busca mejorar su calidad para evitar desprendimiento de rocas sobre una persona o equipo y al mismo tiempo, aprovechar al máximo los recursos empleados en la preparación de la mezcla del shotcrete y no tener consumos excesivos de los mismos conllevando un mayor gasto.

La calidad y colocación del shotcrete es parte fundamental del mecanismo de producción de la mina. La implementación de una estructura de costos optimizada y una operación eficiente de la misma, repercutirá en un ahorro en la cantidad (consumo) de aditivos utilizados, el porcentaje de rebote del shotcrete, una disminución en los tiempos de fraguado, de fracturas y agrietamientos del mismo y un incremento en la seguridad en interior mina como así también disminución de tiempos muertos en el lanzado del shotcrete en la labor minera.

Los resultados permitirán una mayor confiabilidad en el sostenimiento de rocas, generando de esta manera un beneficio económico a la Empresa, ya que se busca mejorar la eficiencia, rendimiento y calidad de lanzado de

shotcrete en beneficio para el sostenimiento en interior mina, pues con un shotcrete mucho más adherido a la roca y con operadores altamente capacitados se minimizará y eliminará problemas como por ejemplo el del rebote en el lanzado.

Esto exige utilizar una adecuada técnica de optimización de las actividades, y como consecuencia el costo mensual de todas las operaciones como: fabricación de concreto, consumo de insumos, transporte de concreto y lanzado de shotcrete, se reducirían significativamente y se evitaran interrupciones en el ciclo de minado.

La continuidad de esta Unidad económica depende del avance de las labores de exploración, desarrollo y preparación para la explotación de los cuerpos mineralizados presentes en la Unidad Minera, por lo que es de suma importancia mejorar el sostenimiento.

Para la optimización de la aplicación de shotcrete vía húmeda, se tomaron en cuenta las características geométricas, geomecánicas y de sostenimiento, lo que dió como resultados el diseño óptimo de aplicación en interior mina para mejorar el avance de las labores de exploración, desarrollo y preparación de la mina.

Este proyecto será aplicable en un corto plazo ya que a partir de las pruebas piloto a realizar se busca aplicar de inmediato el cambio en la fórmula de elaboración y así mejorar la calidad y aportar mayor valor y rapidez al proceso de sostenimiento, de esta manera se avanzará en el ciclo minero para cumplir con las producciones diarias, semanales o mensuales.

Existe la posibilidad de que al principio los operarios reaccionen de manera negativa, pero explicándoles la importancia de este proyecto se lograra involucrarlos con mayor participación y se sentirán libres de dar sus opiniones para mejorar aún más el proceso.

### *1.3. Limitaciones del Estudio*

Las limitaciones más resaltantes es que se está trabajando en base a las características geológicas y geomorfológicas, petrográficas y mineralógicas propias del yacimiento de la Minera Santa Cruz, por lo que si se quiere trabajar y validar las teorías de mejoramiento de lanzado de shotcrete en otros yacimientos, se seguiría el mismo proceso pero con otros datos de campo para obtener buenos resultados como en la calidad del sostenimiento y rendimiento de los equipos de lanzado, el tipo de roca y otros más que pudieran existir así como el talento humano que es de vital importancia.

Otras limitaciones recaen en el apoyo de personal, en la escases de información actual en cuanto a su operatividad de la investigación y limitaciones en cuanto al apoyo de las áreas involucradas.

### *1.4. Lugar donde se desarrolló el Trabajo*

El trabajo se llevó a cabo en la Unidad Minera Santa Cruz, ubicada en la provincia de Santa Cruz, en Argentina, al noroeste del Macizo del Deseado, a 50 kilómetros de la localidad de Perito Moreno. Es un yacimiento rico en plata y oro.

Minera Santa Cruz (MSC) nació en el año 2001, a través de un joint venture entre Hochschild y Minera Andes, hoy McEwen Mining, con el objetivo de realizar la exploración y la puesta en marcha de la Mina San José.

Al momento de comenzar su operación en el año 2007, MSC fue la primera mina metalífera de explotación subterránea con procesamiento del mineral in situ en la provincia.

## Capítulo 2 – Marco Teórico

### 2.1. Antecedentes

Se han realizado distintos tipos de estudio sobre el tema, donde se puede constatar que se basaron en investigar y experimentar el sostenimiento de shotcrete a niveles muy extensos.

Luego de haber hecho una revisión sobre el tema en cuestión en el campo de la minería, se encuentra que hay bastante información sobre ello; ésto debido a que todas las minas que vienen explotando por el sistema subterráneo emplean en su sostenimiento el concreto lanzado, pero realizados o aplicados de acuerdo con su realidad.

Por ello, es importante considerar que “las propiedades y el comportamiento del concreto lanzado dependen enormemente de las condiciones de colocación, del tipo de equipo, la experiencia y capacidad del personal, por lo tanto, un concreto lanzado puede presentar problemas cuando se aplica a una superficie no durable o preparada inadecuadamente” (Bach Ramos Robles, E., 2017, pág. 133).

Si bien los aspectos operativos mencionadas anteriormente hay que considerarlos, también es necesario tener en cuenta indicadores operativos no solo de la operación unitaria en sí, sino también indicadores de costos que puedan brindar oportunidades de mejora y de ahorro que ayuden al modelo de gestión.

Así, “la ventaja de la implementación del Modelo de Gestión en las operaciones es que el monitoreo y gestión de los indicadores nos permitirán mejorar el control de costos operativos, ya que estos representan más del 60% de los costos operativos de las unidades” (Maldonado Astorga, R.; Zamora Pérez, E.; Jimeno Hernández, J. y Torres Aponte, T., 2016)

Un indicador importante son los m<sup>3</sup> de shotcrete lanzados según las toneladas de mineral, pues “el beneficio del indicador m<sup>3</sup> shotcrete/toneladas de mineral es poder medir la cantidad de m<sup>3</sup> que se consumen en los tajeos el cual depende de la recomendación geomecánica de acuerdo con el comportamiento del macizo rocoso. Al disminuir el indicador significa que se está consumiendo menos m<sup>3</sup> de shotcrete para extraer la misma cantidad de toneladas de mineral” (Equipo de Productividad de Unidad Minera Arcata, 2018, pág. 27).

Además, a modo de incorporar más indicadores que faciliten la investigación, es conocer el porcentaje de rebote actual que se está obteniendo, ya que “un porcentaje de rebote adecuado puede estar entre el 5% y el 10%” (Diaz Lazarovich, J., 27 de febrero de 2014).

Por otro lado, es necesario conocer el asentamiento actual que está teniendo el hormigón, para ello se aplicará la metodología de asentamiento del cono Abrams, un instrumento metálico en forma de cono que se utiliza para el hormigón en su estado fresco para medir su consistencia ("fluidez" o "plasticidad" del hormigón fresco), ver Figura N. 7 en la pagina 48.

El ensayo consiste en rellenar un molde metálico troncocónico de dimensiones normalizadas, en tres capas apisonadas con 25 golpes de varilla – pisón y, luego de retirar el molde, medir el asentamiento que experimenta la masa de hormigón colocada en su interior. (Ficha Técnica Ensayo del Asentamiento del Cono, 2013).

Por último, con el método de las “5 M” se podrá analizar mejor el ámbito de la Planta de Shotcrete, pues éste “es un sistema de análisis estructurado que se fija cinco pilares fundamentales alrededor de los cuales giran las posibles causas de un problema (Grandes Pymes, 2012). Estas cinco “M” son las siguientes:

**\*Máquina:** Un análisis de las entradas y salidas de cada máquina que interviene en el proceso, así como de su funcionamiento de principio a fin y los parámetros de configuración, permitirán saber si la causa raíz de un problema está en ellas.

**\*Método:** Se trata de cuestionarse la forma de hacer las cosas. Cuando se diseña un proceso, existen una serie de circunstancias y condicionantes (conocimiento, tecnología, materiales, etc.) que pueden variar a lo largo del tiempo y no ser válidos a partir de un momento dado. Un sistema que antes funcionaba, puede que ahora no sea válido. Un cambio en otro proceso, puede afectar a algún “input” del que está fallando.

**\*Mano de obra:** El personal puede ser el origen de un fallo. Cambios de turno en los que el personal saliente no informa al entrante de incidencias relevantes, es un ejemplo.

**\*Materia prima:** Los materiales empleados son otro de los posibles focos en los que puede surgir la causa raíz de un problema.

**\*Medio ambiente:** Las condiciones ambientales pueden afectar al resultado obtenido y provocar problemas.

Para el caso de estudio, se reemplazará Materia Prima por **Medición**, donde abarca las medidas físicas, ya sean manuales o automáticas. El estar atento a los errores de calibración y a otros problemas de medición. Este parámetro es muy importante para evitar incoherencias.

Los criterios anteriores ayudaron a desarrollar el esquema propio indicando cuál es la posición tomada en el trabajo realizado.

La planta de shotcrete es parte fundamental del mecanismo de producción de la Minera Santa Cruz. La incorporación de una estructura de costos optimizada y una operación eficiente de la misma, repercutirá en un ahorro en:

- La cantidad (consumo) de aditivos utilizados.
- Porcentaje de rebote del shotcrete.
- Una disminución en los tiempos de fraguado.
- Una disminución de la posibilidad de fracturas y agrietamientos de éste.
- Un incremento en la seguridad en interior mina como así también disminución de tiempos muertos en el lanzamiento del shotcrete en la labor minera.

La implementación de un proceso económicamente eficiente es una necesidad urgente para esta Unidad que deberá minimizar costos por encontrarse en la etapa final de su vida útil.



## *2.2. Marco Conceptual*

### *2.2.1. Generalidades del yacimiento*

Mina San José es propiedad de la empresa Minera Santa Cruz S.A. perteneciente a Hochschild Mining y Minera McEwen. El emprendimiento minero se encuentra localizado al norte de la provincia de Santa Cruz, Patagonia, Argentina. (Figura 1)

La vía de acceso terrestre principal a la Unidad Minera es la Ruta Provincial N° 43, que une las localidades de Las Heras y Perito Moreno con Pico Truncado. La distancia real por camino consolidado, en parte de asfalto y en parte de ripio es de aproximadamente 135 km de Las Heras y 100 km de Perito Moreno.

Desde la localidad de Las Heras se recorren 102 km en dirección oeste hasta llegar al Paraje El Pluma, donde se accede a un camino de ripio



McEwen es una empresa de capitales canadienses dedicada a actividades de exploración y desarrollo de proyectos mineros. Desde el año 2001, Minera Santa Cruz S.A. lleva adelante las tareas de exploración y puesta en marcha de la Mina San José.

El Proyecto se encuentra en la etapa operativa desde junio de 2007. La operación consiste en la extracción subterránea de vetas enriquecidas en oro y plata mediante el método de corte y relleno ascendente mecanizado. El mineral de oro y plata proviene básicamente de tres minas subterráneas Frea, Kospi, y Huevos Verdes.

La producción inicial fue de 750 t/día, la cual fue incrementándose hasta la actualidad a 1.620 t/día, con leyes promedios de 5,68 g/t de Au y 427 g/t de Ag. La producción para 2013 fue de 550.883 toneladas de mineral extraído, lo que equivale a una producción de 8.179.577 onzas de plata y 118.627 onzas de oro.

El proceso combinado de extracción del mineral valioso contempla cuatro etapas:

- Una etapa de concentración por flotación, donde se obtiene un concentrado del cual, parte de este concentrado es llevado a lixiviación.
- Una etapa de lixiviación, en donde parte del concentrado por flotación es lixiviado con solución de cianuro de sodio en los reactores IRL, (proceso Gekko), obteniendo así una solución rica.
- Una etapa de electrorrefinación, en donde la solución rica obtenida en la etapa anterior es tratada en celdas electrolíticas, en las que las sustancias ricas se depositan en un cátodo.

•Una etapa de fundición: El material valioso depositado en el cátodo de la etapa anterior, se extrae y se lleva a fundición hasta obtener el metal doré (plata y oro) como producto final.

La capacidad de tratamiento en planta actual es de 1.650 t/día. La vida operativa de la Mina, de acuerdo con las reservas de mineral probadas y probables actuales, se ha ampliado hasta 2022.

La etapa de operación de la mina podría ser modificada en función de los siguientes factores:

- Descubrimiento de reservas adicionales. La vida operativa de la mina se incrementaría si se descubriese una mayor mineralización en los sistemas de vetas actualmente conocidos.
- La variación del precio del oro y/o de la plata en el mercado mundial. Este factor podría tanto aumentar como disminuir la vida operativa de la mina.
- La variación en la tasa de procesamiento de mineral. Un aumento de la producción podría disminuir la vida de mina, y viceversa.

### 2.2.2. Tipo de Sostenimiento: Shotcrete

El término “shotcrete” es una combinación de las palabras en inglés “shot” y “concrete”, que significan respectivamente “disparo” y “concreto u hormigón”. Según el Instituto Americano del Concreto “ACI” por sus siglas en inglés, este tipo de hormigón es aquel aplicado desde una boquilla por proyección neumática de alta velocidad (ACI, 2013). Por su parte Rey (2006), expresa que es un “hormigón cuyo tamaño máximo de áridos es superior a 8

mm y que, aplicado a máquina, se proyecta a gran velocidad sobre un soporte a través de manguera y boquilla”.

El hormigón que es proyectado se trata de una mezcla especial de características homogéneas y constituida por una base de cemento con agua, adiciones, aditivos y áridos que puede o no contener fibras, y sus propiedades y resistencia dependerá la composición del cemento y aditivos (Usabiaga, L. Pinillos, Ramírez, Martín, & Arroyo, 2014).

En la Unidad Minera Santa Cruz el método de shotcrete utilizado es por vía húmeda semejante al concreto ordinario. Se preparan las mezclas con el agua necesaria para hidratarlas y luego la proyección del material se efectúa mediante la aplicación de aire comprimido a la boquilla.

Los componentes para su elaboración son:

**Cemento:** Aglomerante hidráulico, que cuando se mezcla con áridos y agua tiene la propiedad de conformar una masa resistente denominada hormigón. Actúa como pegamento que aglutina y embebe al árido dentro de la matriz. Es el responsable de la lubricación en el bombeo del hormigón.

**Áridos:** Fragmentos de roca resistentes que tienen forma y distribución granulométrica especificada, obtenidos de yacimientos naturales (arenas y gravas) o por trituración. Los áridos, constituyen alrededor del 75% en peso del diseño.

**Agua:** Elemento fundamental en la preparación del hormigón, ésta sirve para hidratar el cemento y por otro lado es indispensable para asegurar la trabajabilidad y la buena compactación del hormigón. También está

relacionada con la resistencia, manchas, corrosión del refuerzo y propiedades del hormigón endurecido.

**Acelerante de Fragüe:** Permite el rápido fraguado y es posible utilizar cementos Portland ordinarios, pero también es compatible con cementos compuestos. La relación agua/cemento (a/c) efectiva deberá ser inferior a 0,5 (preferentemente <0,45). La dosificación de acelerante de 3% a 10% para 400 kilos de cemento (utilizado por un m<sup>3</sup> de shotcrete) es 8,5 a 28 litros.

**Reductor de agua (Superplastificante):** Reduce una elevada cantidad de agua del amasado del hormigón, aumentando el grado de fluidez y mejorando la trabajabilidad.

**Estabilizador o Retardante de fragüe:** Retarda el tiempo de fraguado controlando la hidratación del cemento, extendiendo el tiempo de trabajabilidad. El fragüe se refiere al fenómeno en que la pasta de cemento se rigidiza o el cambio de un estado plástico a sólido, éste se inicia entre los 40 a 60 minutos luego de haber preparado la mezcla.

**Fibras:** Mejoran las propiedades mecánicas del shotcrete haciendo que disminuya su fragilidad y aumente su ductilidad después de la fisuración, aumente la resistencia a la rotura y la capacidad de absorción de energía, disminuya la tendencia a las roturas por contracción, aumente la resistencia a la aparición y propagación de grietas, aumente la resistencia a la tracción, al impacto y a la cizalladura, mejore el comportamiento a flexo tracción y aumente la durabilidad. Las mismas pueden ser metálicas o sintéticas de polipropileno.

Con los componentes ya definidos, las fases para su preparación y lanzado comienzan con el cemento, la arena, el agua y la fibra sintética agregándolos al mixer y mezclándolos adecuadamente hasta conseguir una perfecta homogeneidad en proporciones variables. También se colocan los aditivos como reductor de agua y retardante.

Una vez bien mezclados y homogenizados en el interior del mixer, se transporta desde la planta hasta la labor que se va a sostener.

La mezcla se va vaciando poco a poco hacia el tanque del robot y de aquí pasa a la manguera (el acelerante se adiciona en la boquilla), luego se impulsa la mezcla mediante aire a presión hasta la boquilla (esta boquilla va equipada con un distribuidor de aire para ayudar a la proyección).

De esta manera, el shotcrete se proyecta desde la boquilla (tobera) sobre la superficie que debe shotcretearse. Ver Figura N°3.



*Figura 3:* Aplicación robotizada de shotcrete en superficies. Fuente: (Rey, 2006)

Para que este tipo de elaboración y lanzado sea efectivo, debe contar con una serie de requerimientos, a saber: Adherencia; Espesor y

Recubrimiento; Ductilidad (capacidad de deformación); Resistencia temprana; Resistencia a tracción; Durabilidad; Resistencia a compresión.

Sin embargo, puede suceder que el shotcrete resultante sea de baja calidad, lo que las principales causas de ello son:

- Dosificaciones incorrectas en la preparación.
- Equipos/infraestructura de proyección inadecuados.
- Mano de obra no calificada / técnicas de aplicación incorrectas.
- Tiempos muertos.
- Adición de agua y aditivos durante el proceso de lanzado.
- Falta de control en la preparación de la mezcla (Fórmula).
- Baja presión del aire comprimido al ser lanzado.



## Capítulo 3 - Metodología

Este proyecto de innovación/involucración plantea estrategias para generar cambios, supone un plan para mejorar el proceso de Shotcrete donde se han detectado dificultades a corregir y con ello mejorar los indicadores de eficiencia del proceso con una estructura de costos optimizada.

Se empezó con un Diagnóstico, para tener una determinación real del tiempo y dosificación consumida por viaje del Mixer, para ello se planteó un Estudio de Tiempos y Movimientos.

Para su registro, se elaboraron planillas de campo, tanto para la planta de shotcrete como para las labores donde opera el Mixer.

Con estas planillas se realizó un recorrido por la Planta para ver la secuencia de las etapas que comprende el proceso, y cada una de las actividades que se desarrollan en cada etapa para la elaboración del hormigón.

Se registró la hora en el que se realiza el pedido de material y a qué tipo de material correspondía, para qué labor se solicitaba el material como así también el registro de los eventos ocurridos en interior mina.

De esta manera, se analizó el consumo de aditivos por viaje de mixer, tiempo total de preparado, el asentamiento producido por una determinada muestra representativa, tiempo de salida y regreso del equipo.

Con el empleo del diagrama de proceso del Shotcrete y con las conclusiones obtenidas por la observación efectuada y los comentarios de los operarios involucrados en el proceso, se detectó desvíos operativos en el proceso.

Por otro lado, con las Áreas de Control de Gestión y Geotecnia se obtuvieron detalles más claros en cuanto a los últimos consumos registrados y costos actuales.

En base a la información obtenida y datos recopilados, se propuso un Plan de Acción que involucraba para el caso de Interior Mina la detección de tiempos efectivos de operación y tiempos no efectivos (gestionables y no gestionables), para obtener indicadores relacionados al ciclo productivo, y así accionar sobre aquellos Kpi que estén fuera de lo estándar.

Los tiempos son expresados de acuerdo con los check list usados en campo (tiempos de operación, efectivos gestionables, efectivos no gestionables, y de mantenimiento).

Para el caso de la Planta, se proponen planes de acción de acuerdo con el análisis de las 5M's (Anexo 2).

Luego, de la propuesta de los planes de acción, se procedió a realizar pruebas con diferentes tipos de dosificación para obtener una mezcla de buena calidad y que a su vez dé el tiempo necesario para que la mezcla llegue a la labor en condiciones óptimas operables; finalizando de este modo con la etapa de Aplicación/Evaluación.

Posteriormente se realizó un estudio y análisis de costos, tendientes a minimizar los mismos, para ver su impacto en los costos finales del proceso del Shotcrete.

Para representar mejor el esquema anterior explicado, se sugirió el siguiente cronograma de actividades:

Tabla 1

*Cronograma de actividades del proyecto*

CRONOGRAMA PROYECTO																		
ACTIVIDAD	OBSERVACIÓN	mar-20				abr-20				may-20				jun-20				RESPONSABLES
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
<b>DIAGNÓSTICO</b>	Determinación real del tiempo y dosificación consumida por viaje del Mixer, charla con operarios	■	■															TESISTA
<b>ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS</b>	Elaboración de Planillas de Campo			■	■													TESISTA
<b>OBTENCION DATOS CONSUMOS Y COSTOS ACTUALES</b>	-			■														ÁREA CONTROL DE GESTIÓN
<b>PLAN DE ACCION PARA INTERIOR MINA</b>	Detección de tiempos no efectivos					■	■	■										TESISTA - GEOTECNIA
<b>PLAN DE ACCIÓN PARA PLANTA DE SHOTCRETE</b>	Análisis de las 5´M					■	■	■										TESISTA - GEOTECNIA
<b>PROPUESTA</b>	Disminución del reductor de agua								■	■								TESISTA - GEOTECNIA
<b>ENSAYOS/PRUEBAS</b>	-									■	■	■	■					TESISTA - GEOTECNIA
<b>ANÁLISIS DE COSTOS</b>	-													■	■	■	■	TESISTA - CONTROL DE GESTIÓN

### 3.1. Diagnóstico

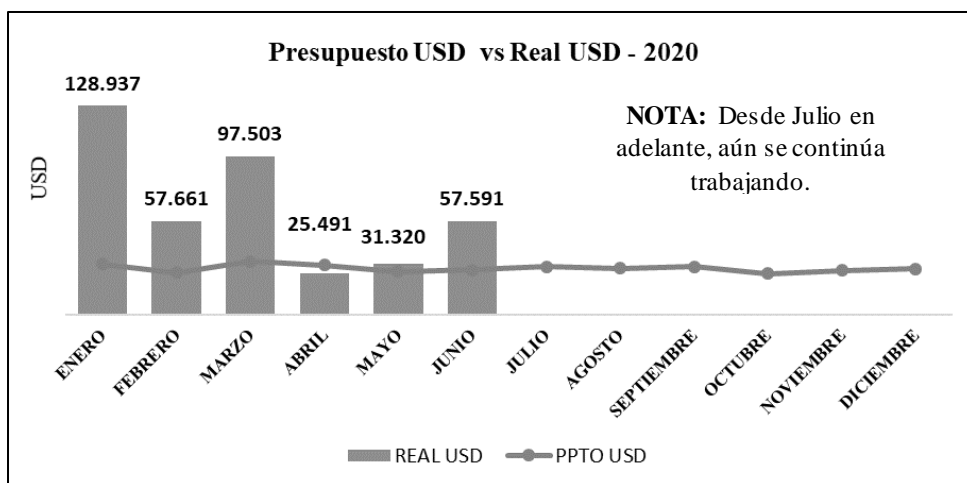
#### 3.1.1. Presupuesto vs Real de Shotcrete

Con las Áreas de Control de Gestión y Geotecnia se obtuvo detalles más claros en cuanto a los últimos consumos registrados y costo actual (Anexo 3).

Se visualiza a continuación el consumo en m<sup>3</sup> y en USD de para lo que va transcurriendo el año 2020:

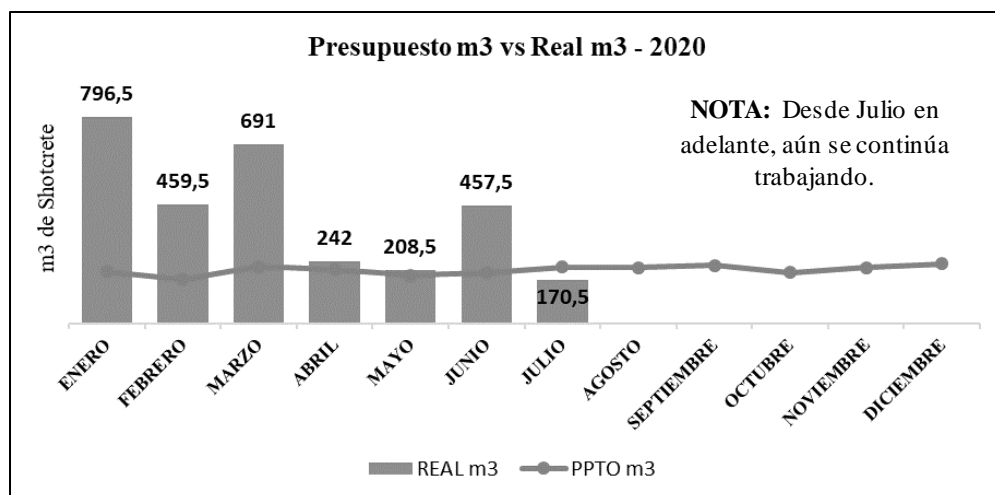
Gráfica 1

USD Presupuesto vs USD Real



Gráfica 2

m<sup>3</sup> Presupuesto vs m<sup>3</sup> Real



Es clara la desviación real vs presupuesto, un primer indicio es la gran variedad de dosificaciones al no tener un control de los volúmenes agregados.

Ésto, bien puede deberse a las inexperiencias de los operadores, cuestión que se analizará más adelante.

### *3.1.2. Recolección de Datos*

Siguiendo el objetivo de tener una determinación real del tiempo y dosificación consumida por viaje de mixer (Anexo 4), se planteó el estudio de Tiempos y Movimientos.

Estos tiempos varían en función de las distancias y demoras por tránsito, como así también en la espera por trabajos auxiliares en las labores, siendo, en algunos casos, bastantes considerables y dignos de tener en cuenta.

Para su registro, se elaboraron planillas de campo (Anexo 5), tanto para planta de shotcrete como para las labores donde opera el mixer.

#### *3.1.2.1. Planilla de campo para seguimiento planta de shotcrete*

Esta planilla tiene por objeto, clasificar el tipo de material elaborado en planta y cuál es el destino de cada material, ya que se requiere diversos tipos de hormigón para diferentes labores mineras, y en función del pedido efectuado ver el número de mixers que se dispondrá para realizar el traslado correspondiente.

En la planilla, se agregaron tres columnas de agua, debido a que se llegan a realizar tres adiciones, según el material lo requiera.

Las cantidades de cemento y áridos están expresadas en kilogramos y se obtienen los datos de la consola que controla la planta, en cuanto a los filamentos se describen las unidades (bolsas) agregadas.

Otro aspecto analizado es el consumo de aditivos por: viaje de mixer; tiempo total de preparado, el asentamiento del cono producido por una determinada muestra representativa, así como también la hora de salida y hora de regreso del equipo.

### 3.1.2.2. Planilla de campo para seguimiento trabajos en labores

Se confecciona una planilla de seguimiento de trabajo en labores, en donde se registra horario de llegada del mixer a la labor, así también como la hora de descarga en el robot para su lanzado.

De esta manera por diferencia poder calcular el tiempo aproximado por viaje y el de las actividades observadas, con los equipos en funcionamiento, teniendo en cuenta el mixer y el robot en sus movimientos al lanzar shotcrete, ya que trabajan en conjunto.

### 3.1.3. Dosificaciones

El mixer es cargado con 3,5 m<sup>3</sup>, para lo cual se necesita una dosificación teórica por m<sup>3</sup> establecida por Geotecnia (Tabla N°2).

Tabla 2

*Dosificación Teórica por m<sup>3</sup> de Shotcrete*

Dosificación teórica de shotcrete		
Producto	Valor	Unidad
Áridos	1.700	kg/m <sup>3</sup>
Cemento	400	kg/m <sup>3</sup>
Acelerante	13,5	kg/m <sup>3</sup>
Retardante	2,86	kg/m <sup>3</sup>
Reductor	4,29	kg/m <sup>3</sup>
Agua	200	l/m <sup>3</sup>
Fibras	4	kg/m <sup>3</sup>

Se realiza el seguimiento de la dosificación de los distintos componentes utilizados en la preparación en la Unidad a fin de encontrar desviaciones en el consumo y propiedades de cada uno de ellos.

### 3.1.3.1. Áridos

Se establece que la combinación de las granulometrías de las fracciones de los agregados individuales dentro de una mezcla de shotcrete debe ser tal que genere:

- Mínima segregación mientras es transportado.
- Buenas características de bombeado y proyección.
- Bajo rebote.
- Máxima densidad una vez proyectado.

Por lo tanto, es necesario comprobar la granulometría combinada con las partículas del agregado correspondiente a todas las fracciones del árido en las proporciones que se vaya a utilizar (Tabla 3)

Tabla 3

#### *Ensayos granulométricos*

Nº TAMIZ	MALLA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	Muestra analizada
3/4	19	0	0	0	100
3/8	9,5	40	2,017	2,017	97,983
#4	4,76	296	14,927	16,944	83,056
#8	2,38	282	14,221	31,165	68,835
#16	1,19	346	17,448	48,613	51,387
#30	0,595	448	22,592	71,205	28,795
#50	0,297	369	18,608	89,813	10,187
#100	0,149	126	6,354	96,167	3,833
#200	0,074	42	2,118	98,285	1,715
-#200		34	1,715	100,000	0,000
TOTAL		1.983			

### 3.1.3.2. Agua y Fibras

Se observó en planta como se operaba en el agregado de los componentes del hormigón, se ve que todas las actividades son manuales, tal como se puede observar en la Figura 4.



Figura 4: A la izquierda, agregado de agua con manguera. A la derecha, agregado manual de fibras

### 3.1.3.3. Retardante y Reductor de agua

Se realizaron pruebas de consumo a 19 muestras para obtener valores más representativos de los consumos agregados por viaje de mixer. A continuación, se detallan algunas:

Tabla 4

#### Ensayo 1er muestra

Retardante consumido	Valor	Unidad	Reductor consumido	Valor	Unidad
Dosificación teórica	2,86	kg/m <sup>3</sup>	Dosificación teórica	4,29	kg/m <sup>3</sup>
Dosificación teórica por mixer	10,00	kg	Dosificación teórica por mixer	15,00	kg
Dosificación Real por mixer	6,27	kg	Dosificación Real por mixer	20,32	kg
Diferencia Real vs Teórico	-3,73	kg	Diferencia Real vs Teórico	5,32	kg

Tabla 5

#### Ensayo 2da muestra

Retardante consumido	Valor	Unidad	Reductor consumido	Valor	Unidad
Dosificación teórica	2,86	kg/m <sup>3</sup>	Dosificación teórica	4,29	kg/m <sup>3</sup>
Dosificación teórica por mixer	10,00	kg	Dosificación teórica por mixer	15,00	kg
Dosificación Real por mixer	11,77	kg	Dosificación Real por mixer	22,76	kg
Diferencia Real vs Teórico	1,77	kg	Diferencia Real vs Teórico	7,76	kg



Tabla 6

*Ensayo 3er muestra*

Retardante consumido	Valor	Unidad	Reductor consumido	Valor	Unidad
Dosificación teórica	2,86	kg/m <sup>3</sup>	Dosificación teórica	4,29	kg/m <sup>3</sup>
Dosificación teórica por mixer	10,00	kg	Dosificación teórica por mixer	15,00	kg
Dosificación Real por mixer	7,85	kg	Dosificación Real por mixer	23,57	kg
Diferencia Real vs Teórico	-2,15	kg	Diferencia Real vs Teórico	8,57	kg

Otro parámetro por poder analizar más adelante es la manera de agregado de estos aditivos, ya se mencionó que el acelerante es colocado directamente en la boquilla del robot, pero para el caso del reductor y retardante, estos son adicionados en el mixer en la planta de shotcrete y no se cuenta con elementos de medición directa, su graduación se realiza por métodos indirectos con envases de volumen conocido.

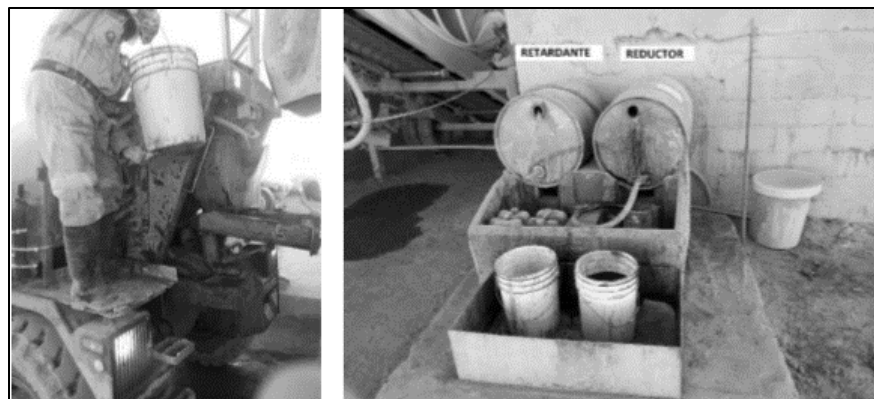


Figura 5: A la izquierda, agregado manual de aditivos. A la derecha, sistema dosificador de aditivos rústico.

*3.1.4. Nueva Dosificación Propuesta*

Junto con el área de Geotecnia se estudió y analizó la aplicación de una nueva dosificación de aditivos, tanto para retardante como para reductor de agua.

Se realizó un seguimiento y análisis de los consumos de aditivos, se llegó a la conclusión que la dosificación actual utilizada en la unidad puede ser modificada a fines de conseguir un producto de mejores resultados y disminuir el consumo, a fin de reducir el costo final del producto.

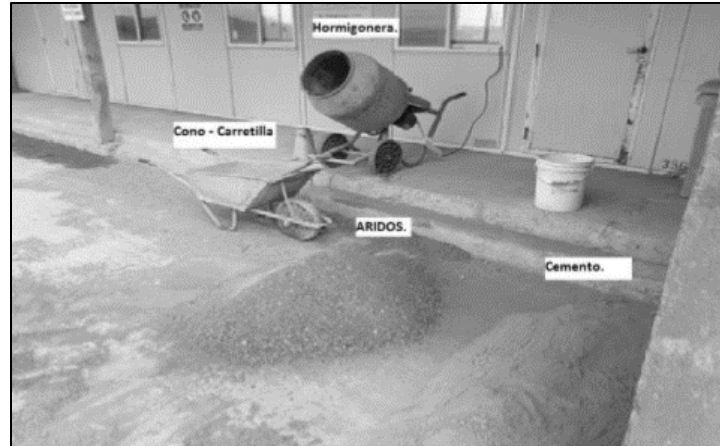
Para ello, se estudió por separado las características y especificaciones propuestas por el fabricante para los aditivos agregados en la planta de hormigón, llegando en ambos casos a modificaciones en la dosificación.

Ante la imposibilidad de realizar los ensayos a escala real, se optó por la alternativa de realizar los ensayos a escala con el uso de una hormigonera de 90 litros de capacidad, para lo cual se llevaron a cabo los cálculos de dosificaciones necesarias para dicha capacidad.

Los ensayos se realizaron utilizando los mismos componentes empleados para la elaboración de shotcrete convencional (Figura 6).

La dosificación para la prueba a escala es calculada en función del pesaje de cemento utilizado, en este caso 64 kg, los demás componentes se emplearon de manera proporcional al mismo.

Se realizaron una serie de ensayos, el primero con la dosificación equivalente actual utilizada en la Unidad y un segundo con la dosificación propuesta.



*Figura 6:* Elemento a usar para la prueba a escala

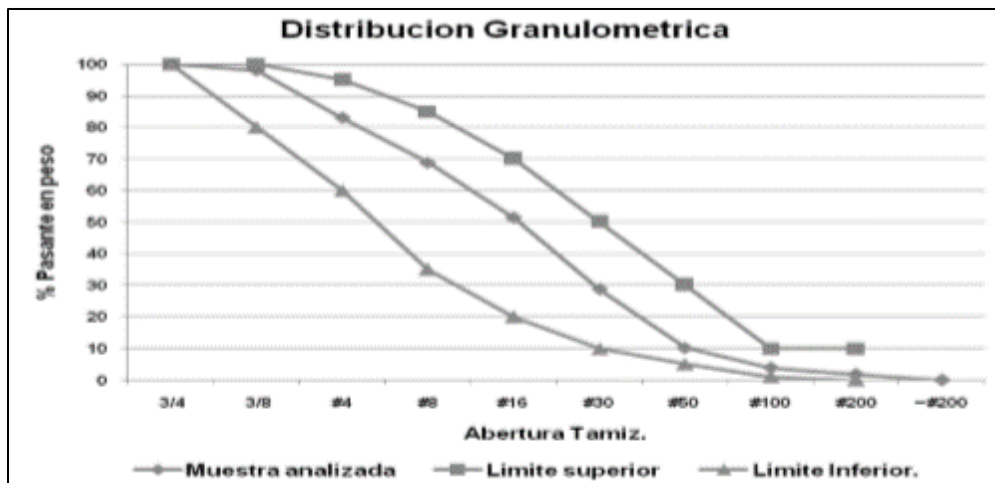
## Capítulo 4 – Análisis de Resultados – Plan de Acción

### 4.1. Dosificaciones

De los ensayos granulométricos en áridos se obtiene:

Gráfica 3

#### *Distribución Granulométrica*



Los áridos deben estar compuestos de partículas limpias, duras, resistentes y de una calidad uniforme. Su forma será redondeada o cúbica y contendrá menos de 15% de partículas planas, delgadas o alargadas.

Como resultado del análisis granulométrico realizado, un 48,61% de la muestra es grava con tamaños mayores a 1 mm y un 47,55% de arena (entre 1 y 0,149 mm) y un 4,34% con tamaños menores a los 0,149 mm.

Otro aspecto considerado es el agregado de agua durante el proceso de lanzado, ya que la mezcla comienza a ponerse más viscosa debido al tiempo transcurrido desde la salida de planta hasta que se inicia el lanzado, siendo esta

operación a percepción del operador sin tener un control de la cantidad agregada.

En el caso de las fibras, en el carguío real de un mixer se agregan 2 ½ bolsas de fibras de 0,6 mm con un consumo de 15 kg de material, siendo el valor teórico de 14 kg por mixer.

Una de las complicaciones del agregado de esta manera, es la formación de aglomerados de fibras en el interior del mixer que producen inconvenientes a la hora del lanzado de shotcrete.

Analizando los datos obtenidos, durante el proceso de preparación del shotcrete en planta, se puede concluir que existe una gran variabilidad en su composición debido a la diversidad de dosificaciones observadas.

Se representa en un sistema de ejes coordenados ortogonales donde en el eje de ordenadas van los porcentajes de reactivo (retardante, acelerante), contenido en cada muestra analizada; y en el eje de abscisas el número de muestra analizada; para compararlas con el valor tomado como referencia, el propuesto por Geomecánica.

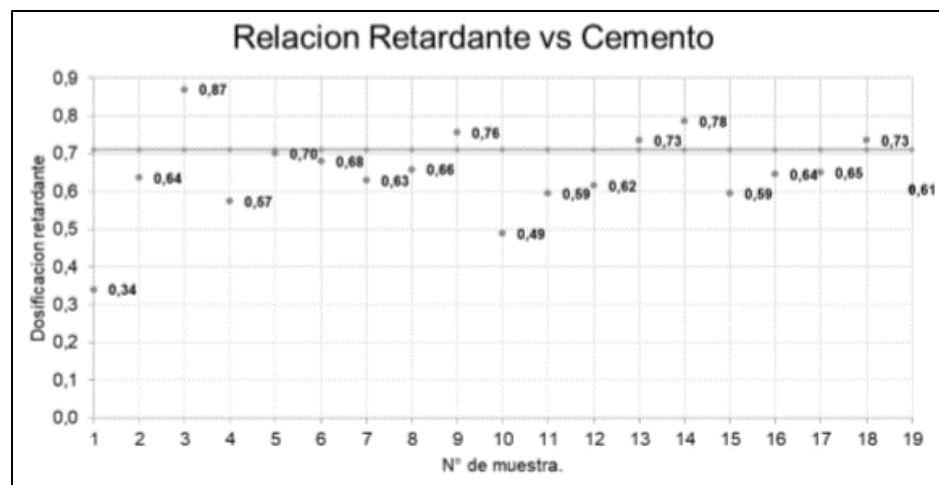
Geomecánica propone que el porcentaje necesario de aditivo retardante para la preparación del shotcrete es de 0,71% de peso en cemento y de 1,07% de peso en cemento para el reductor.

En el gráfico N°4 se observa la gran diversidad de dosificaciones de % en peso en cemento de retardante empleados, comparados con la línea de referencia constante de dosificación teórica propuesta por geomecánica para la preparación del shotcrete (0,71%), aplicado a 19 muestras, representadas en el eje de abscisas del sistema.

En el gráfico N°5 se evidencia la gran variedad de dosificaciones diferentes de reactivo reductor empleado en las 19 muestras analizadas para la formación del shotcrete, comparando con la línea de referencia de valor 1,07% propuesto por Geomecánica. Esto se debe a que no hay un control de los volúmenes agregados.

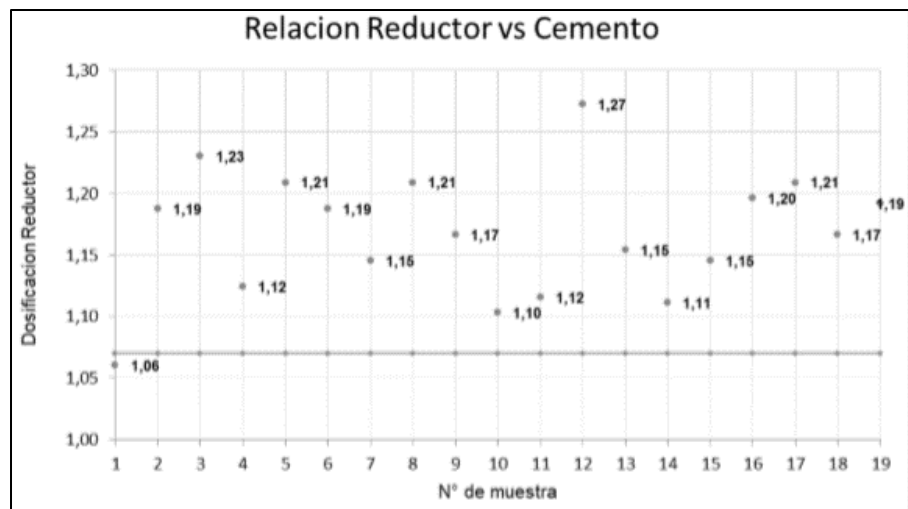
Gráfica 4

Relación Retardante vs Cemento



Gráfica 5

Relación Reductor vs Cemento



Los datos obtenidos del anterior análisis sirven de base para la justificación de la incorporación e implementación de un sistema de dosificación de aditivos agregados en planta, el cual debe cumplir con las necesidades de caudal y volúmenes.

#### *4.2. Nueva Dosificación Propuesta*

Analizando las distintas dosificaciones que se usan actualmente, se optó por la modificación de la dosificación actual de reductor de agua ya que la utilizada actualmente excede de lo establecido por Geotecnia, esto sumado el análisis efectuado a catálogos y valores obtenidos en ensayos elaborados en la unidad se estableció la alternativa de reducir considerablemente la dosificación actual agregada en la planta de hormigón, proponiendo una redosificación controlada en la labor obteniendo de esta manera la fluidez necesaria sin modificar las propiedades básicas a cumplir por el shotcrete.

. El agregado de reductor realizado actualmente por los operarios en la labor, sin control, supera el 1,35% en peso de cemento, valor máximo recomendado por el fabricante.

Luego de una serie de ensayos se determinó que proponiendo una redosificación controlada se puede disminuir el valor inicial agregado en la planta.

En las siguientes Tablas N. 7 y 8 se calculan las dosificaciones a escala según la hormigonera de 90 litros de capacidad a emplear de manera manual para poder realizar los ensayos del reductor de agua en kg y litros.

(Dosificación hormigonera)

Los análisis determinaron que esta dosificación inicial podría disminuirse hasta un 50 % de la actual, es decir 0,53% en peso de cemento, luego añadiendo un 0,28% después de 30 minutos y mezclando continuamente, de esta manera obtener una mezcla capaz de ser bombeable y reduciendo considerablemente el consumo de este aditivo.

Tabla 7

*Dosificación Actual de Reductor de Agua*

<b>Dosificación actual de reductor de agua</b>		
<b>Datos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
% cemento	1,07	%
Dosificación hormigonera	0,16	kg
Dosificación hormigonera	160,71	g
Volumen de dosificación	0,14	l

Tabla 8

*Dosificación Propuesta del Reductor de Agua*

<b>Dosificación en planta</b>		
<b>Datos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
% en cemento	0,54	%
Dosificación hormigonera	0,08	kg
Dosificación hormigonera	80,36	g
Volumen de dosificación	0,07	l
<b>Redosificación en 30'</b>		
% en cemento	0,28	%
Agregado hormigonera	0,042	kg
Agregado hormigonera	42	g
Volumen de dosificación	0,04	l



Luego se analizaron las dosificaciones en función de los kilogramos de cemento utilizados para el ensayo a escala, para cada uno de los componentes del shotcrete.

Tabla 9

*Dosificación Propuesta para la prueba a escala*

Dosificación propuesta hormigonera		
Datos	Valor	Unidad
Áridos	64	kg
Cemento	15	kg
Retardante	84,0	g
Reductor	80,7	g
Reductor 30'	42	g
Agua	8	l
Fibras	150	g

Tabla 10

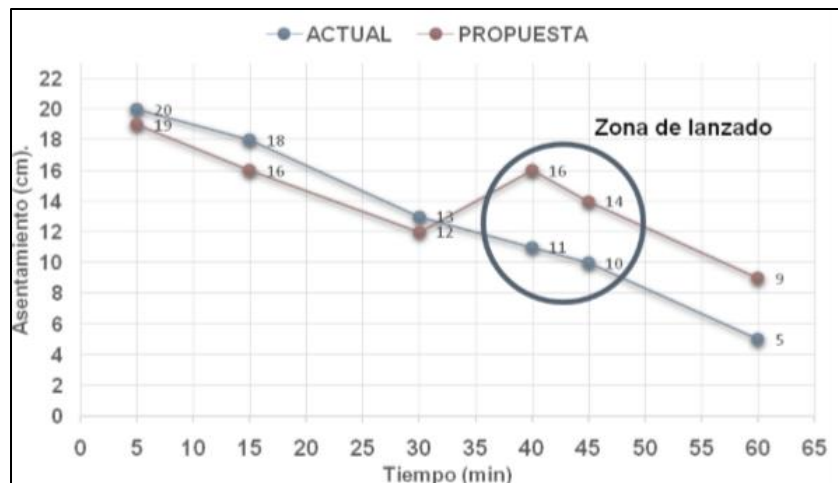
*Dosificación Actual para la prueba a escala*

Dosificación actual hormigonera		
Datos	Valor	Unidad
Áridos	64	kg
Cemento	15	kg
Retardante	107,1	g
Reductor	160,7	g
Agua	8	l
Fibras	150	g

Una vez agregados las dosificaciones equivalentes para cada uno de los ensayos, se da inicio al mezclado, extrayendo muestras en distintos intervalos de tiempo y realizando mediciones de asentamiento con el cono de Abrams. Con estos valores se construyen las curvas representativas de las mediciones efectuadas, Gráfica 6:

Gráfica 6:

*Asentamiento Dosificación Actual vs Asentamiento Dosificación Propuesta*



De la gráfica anterior se puede establecer que hasta un  $T_3=30$  minutos no existe prácticamente diferencia entre las mediciones de asentamiento, pese a las reducciones en el agregado de ambos aditivos, lo que indica que en el agregado actual existe un exceso sin beneficio claro.

Luego del agregado controlado de reductor de agua en el  $T_3$  y amasado durante los siguientes 10 minutos, realizando los ensayos se observa la principal diferencia con respecto a resultados de asentamientos, en el ensayo N°1 (Actual) en un  $T_4$  se obtuvo un valor de 11 cm, mientras que en un  $T_5$  de 10 cm respectivamente siendo estos valores muy por debajo de lo ideal al momento de colocación en la labor.

Mientras que para el ensayo N°2 (Propuesta), luego de un nuevo agregado medido, en un  $T_4$  se logró un asentamiento de 16 cm y para un  $T_5$  de 14 cm, siendo estos valores en un rango ideal para lanzar el producto.

Así se puede establecer que realizando una redosificación controlada, se alcanzan los valores necesarios de asentamiento al momento de aplicación del shotcrete, siendo éste lo suficientemente fluido para ser bombeado y con las propiedades de resistencias necesarias.

#### *4.3. Interior Mina*

A partir del seguimiento en interior mina y apoyándose de las planillas de campo, se observaron varias falencias operativas (Anexo 6)

De ello, se evidencia la falta de Supervisión, puesto que al momento que el Mixer y Robot llegan a la labor, no pueden comenzar con el lanzado debido a que ésta no se encuentra estandarizada, lo cual se solucionaría con que el Supervisor previamente haya verificado las condiciones de la labor.

También hay variables operativas por la falta de capacitación al personal, provocando una incorrecta aplicación del producto, como por ejemplo espesor mayor al indicado y excesivo rebote:



Figura 7: *Ensayo de asentamiento en labor*

En la figura N°7 se observa un ensayo de asentamiento de la mezcla a lanzar en la labor, dando un valor de 5 cm. Siendo ésta una mezcla con muy baja bombeabilidad, ya que un valor óptimo de asentamiento sería de entre 13 a 16 cm, establecido por geotecnia.



Figura 8: *Ensayo realizado luego de agregar reductor de agua*

En la labor, el operador a fin de intentar obtener una mezcla con mayor bombeabilidad, realiza el agregado de reductor de agua directamente en el

mixer sin tener un control de la dosificación, modificando de esta manera el estado y composición inicial (Figura N°8) pero se observa un asentamiento con un valor de 24 cm, mucho mayor que el óptimo establecido por geotecnia.

De esta manera, queda evidenciado un consumo mayor de aditivo de lo necesario, además de una modificación en la composición en el estado de la mezcla, perjudicando su resistencia al ser aplicado y aumentando el rebote, produciendo un mayor consumo.

Así, las falencias operativas se solucionarían con una buena supervisión y brindándoles capacitaciones a los operadores para mejorar sus habilidades de preparado y elaboración de la mezcla sobre todo para evitar sobreconsumos de los aditivos.

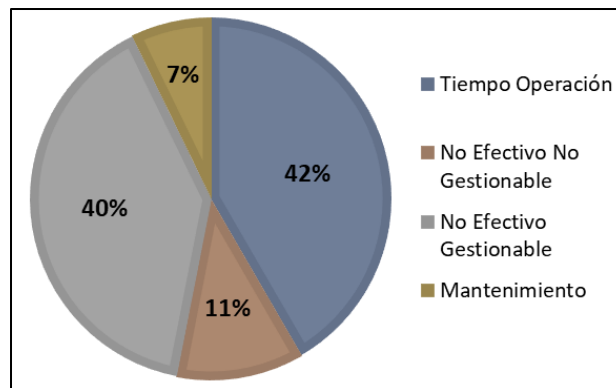
#### 4.4. Análisis de Tiempos

##### 4.4.1. Planta Shotcrete

Analizando la información obtenida de las planillas de cálculos, se tiene:

Gráfica 7

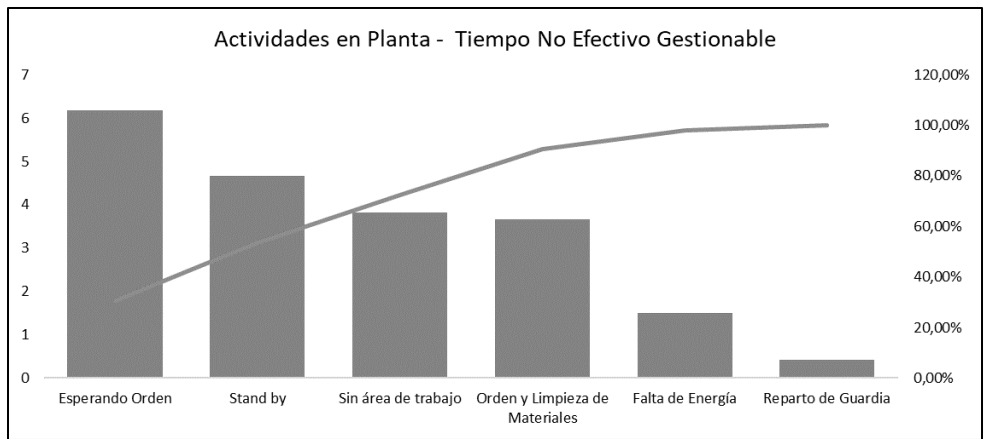
*Distribución de Tiempos en Planta*



Se observa tiempo de operación del 42 %, teniendo un 7% de mantenimiento, luego los tiempos No efectivos gestionables 40% y los No efectivos No Gestionables 11%. A continuación, se detallan que actividades contemplan cada uno, con sus respectivos gráficos de Pareto:

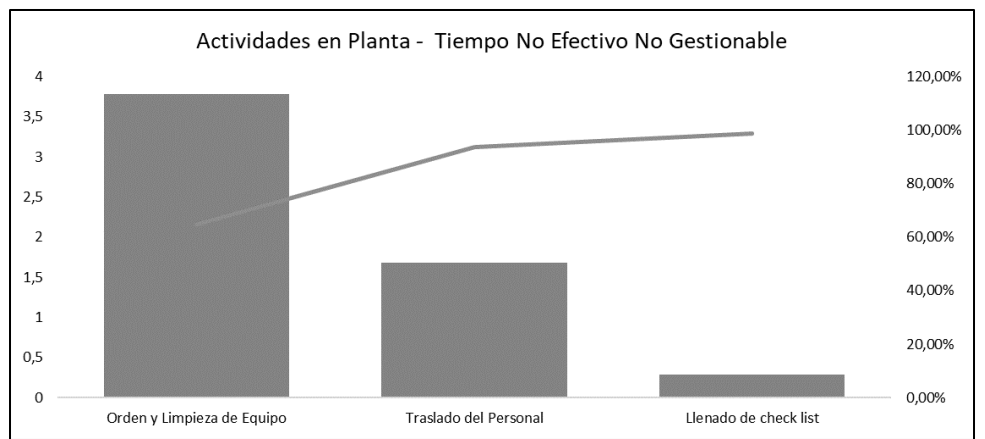
Gráfica 8

*Actividades de Tiempo No Efectivo Gestionable - Planta*



Gráfica 9

*Actividades de Tiempo No Efectivo No Gestionable - Planta*



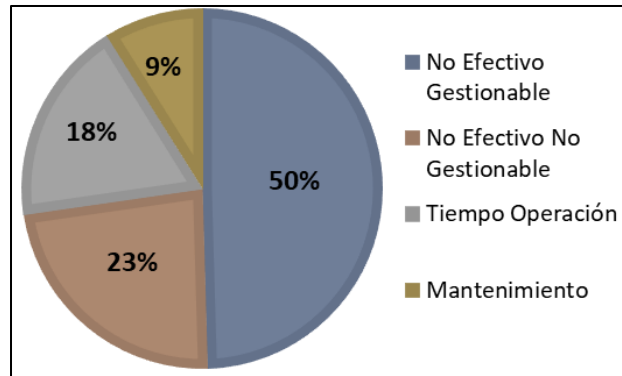
De estos tipos de análisis, se detecta la falta de mantenimiento preventivo y la importancia de la implementación de dosificador de aditivos a fines de tener una estandarización.

#### 4.4.2. Interior Mina

Al igual que en Planta, se observa:

Gráfica 10

*Distribución de Tiempos - Interior Mina*

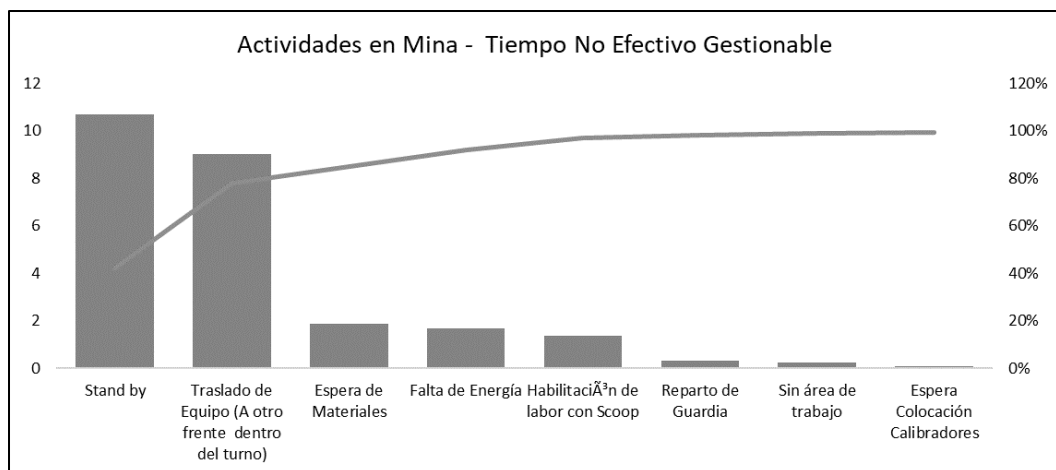


Se observa tiempo de operación del 18 %, teniendo un 9 % de mantenimiento, luego los tiempos No efectivos gestionables 50% y los No efectivos No Gestionables 23%.

A continuación, se detallan que actividades contemplan cada uno, con sus respectivos gráficos de Pareto:

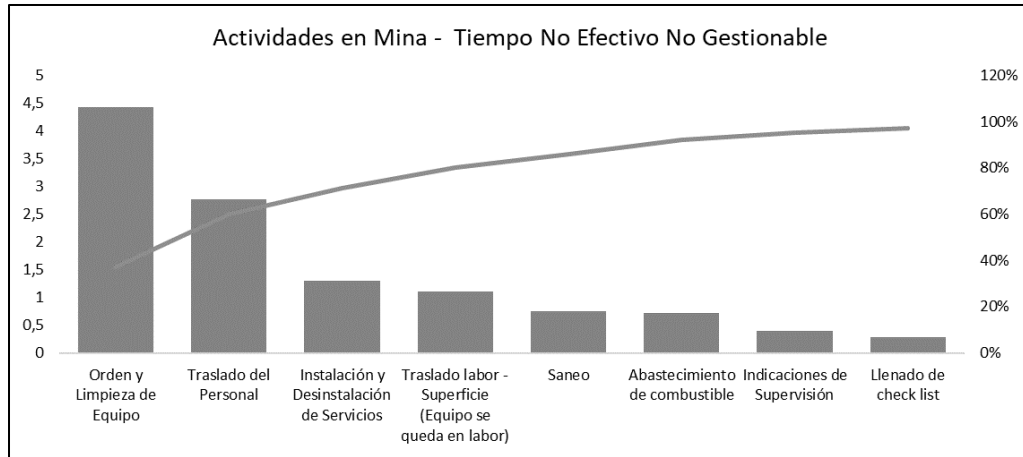
Gráfica 11

*Actividades de Tiempo No Efectivo Gestionable – Interior Mina*



Gráfica 12

*Actividades de Tiempo No Efectivo No Gestionable - Interior Mina*



De estos tipos de análisis, se detecta la falta de coordinación, las demoras por falta de habilitación de frente, el control del agregado de agua y aditivos, sin un criterio establecido y la falta de supervisión.

Para poder dar solución a las pérdidas de los tiempos No Efectivos Gestionables, tanto para Planta como para Interior Mina, siendo Demoras por Stand By, Espera de Materiales, Falta de Habilitación de labor con Scoop, es necesario que el supervisor revise los frentes antes de que inicie el turno de tal manera de confirmar que las labores estén en las condiciones óptimas para ser shocreteada.

#### *4.5. Análisis de Costos*

##### *4.5.1. Presupuesto Actual*

A continuación, se detallan los costos de los componentes de preparación de shotcrete con sus respectivos precios colocados en la Unidad, es decir el valor neto del producto más envío, para el año corriente 2020.

En la tabla N°11. se plasman detalladamente los componentes y su respectivo precio, además los volúmenes consumidos para la preparación de un metro cubico con la dosificación actual en la unidad, a fin de realizar una comparativa económica con la propuesta dosificación.

Tabla 11

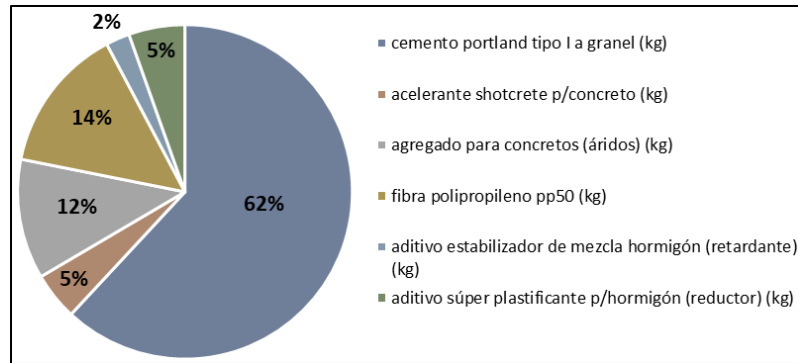
*Costo Actual por m3*

Detalle de los componentes	Cantidad	Precio Unitario \$ (ARS)	Precio Total \$ (ARS)
cemento portland tipo I a granel (kg)	400	\$ 14,29	\$ 5.716,81
acelerante shotcrete p/concreto (kg)	9,64	\$ 44,16	\$ 425,72
agregado para concretos (áridos) (kg)	1700	\$ 0,63	\$ 1.071,88
fibra polipropileno pp50 (kg)	4	\$ 326,09	\$ 1.304,38
aditivo estabilizador de mezcla hormigón (retardante) (kg)	2,86	\$ 74,51	\$ 213,10
aditivo súper plastificante p/hormigón (reductor) (kg)	5,71	\$ 87,83	\$ 501,51
<b>COSTO TOTAL (Actual)</b>			<b>\$ 9.233,41</b>

Se realiza una distribución de costos para la preparación de un metro cubico de shotcrete:

Gráfica 13

*Distribución costos por m3 shotcrete*



4.5.2. Presupuesto para Nueva Propuesta de Dosificación

De igual manera, se realiza el detalle de los costos para la preparación de un metro cúbico utilizando la nueva propuesta de dosificación:



Tabla 12

*Costo Propuesta por m<sup>3</sup>*

Detalle de los componentes	Cantidad	Precio Unitario \$ (ARS)	Precio Total m <sup>3</sup> \$ (ARS)
cemento portland tipo I a granel (kg)	400	\$ 14,29	\$ 5.716,81
acelerante shotcrete p/concreto (kg)	9,64	\$ 44,16	\$ 425,72
agregado para concretos (áridos) (kg)	1700	\$ 0,63	\$ 1.071,88
fibra polipropileno pp50 (kg)	4	\$ 326,09	\$ 1.304,38
aditivo estabilizador de mezcla hormigón (retardante) (kg)	2,24	\$ 74,51	\$ 166,91
aditivo súper plastificante p/hormigón (reductor) (kg)	3,28	\$ 87,83	\$ 288,08
<b>COSTO TOTAL (Propuesta)</b>			<b>\$ 8.973,78</b>

4.5.3. *Comparación de Costos*

Se analizan los resultados obtenidos, teniendo en cuenta el costo total de un metro cúbico de shotcrete con la dosificación actual y propuesta, donde se aprecia una disminución del precio final, reduciendo el mismo en un 3%:

Tabla 13

*Comparativa costos*

Datos	Valor \$ (ARS)
Costo m <sup>3</sup> Actual	\$ 9.233,41
Costo m <sup>3</sup> Propuesta	\$ 8.973,78
<b>Diferencia Neta</b>	<b>\$ 259,63</b>
<b>Disminución en costo final</b>	<b>3%</b>

4.5.4. *Estimación de Costos Mensual*

Con la información proporcionada por Geotecnia, de la proyección con respecto a los consumos y presupuestos mensuales de shotcrete para el año 2021 y a sabiendas que en el segundo mes del año (febrero) la proyección disminuye considerablemente, ya que en ese mes se realiza la parada para

trabajos de mantenimiento programados en la planta de hormigón, se estima un consumo total de shotcrete para el año 2021 de 7.936 metros cúbicos, con un promedio diario de 22 m<sup>3</sup>.

Teniendo en cuenta estos valores y la comparativa de costos anteriormente analizados, se estimó los presupuestos para el próximo año:

Tabla 14

*Estimación Presupuesto 2021*

Datos	Valor	Unidad
Cantidad m3 diarios	22	m3
Consumo Actual	7.936	m3
Presupuesto Actual 2021	73.276.331	\$ ARS
Presupuesta Propuesta 2021	71.215.943	\$ ARS
Montaje de sistema de dosificación de aditivos	190.000	\$ ARS
<b>Reducción Presupuesto</b>	<b>1.870.388</b>	<b>\$ ARS</b>

Para el cierre del presupuesto del próximo año se consideró el montaje del sistema de dosificación de aditivos (bombas, cables, tableros, mano de obra, etc.).

Con la implementación de la nueva propuesta de dosificación y teniendo en cuenta el montaje del sistema dosificador (Los dosificadores automáticos modernos calculan automáticamente el valor promedio basándose en el peso y determinan los ajustes de producción de acuerdo con la receta. Una calibración meticulosa y cuidadosa es crucial.) la reducción en el presupuesto anual sería de 1.870.388 \$ARS (pesos argentinos)

Para visualizar más en detalle lo anterior, se analiza desde el índice costo/metros (Avances):

Tabla 15

*Reducción del Ppto de Shotcrete impactando en el índice final costo/metro*

2021		PROPUESTA		Diferencia Ppto 2021 y Propuesta USD AHORRO	
METROS ANUAL	7,000	METROS ANUAL	7,000	USD Equipo Sistema Dosificador	950
USD PERFORACIÓN	430,225	USD PERFORACIÓN	430,225	Vida Útil aprox (Años)	7
USD VOLADURA	774,948	USD VOLADURA	774,948	USD Amortización	136
USD VENTILACION	26,477	USD VENTILACION	26,477	Se reduciría un 3% el ppto en shotcrete lo que redonda en una disminución del índice final de costo/metro en el año	
USD TRANSPORTE-EQUIPOS	165,724	USD TRANSPORTE-EQUIPOS	165,724		
USD REMUNERACIONES	572,519	USD REMUNERACIONES	572,519		
USD SHOTCRETE	366,382	USD SHOTCRETE	297,685		
TOTAL USD	2,336,275	TOTAL USD	2,267,578		
USD/METRO	334	USD/METRO	324		

De esta manera, analizando cada ítem que determina el costo final por metro (empleado en Avances), se observa que con la propuesta de la modificación de la dosificación actual de reductor de agua no solo se reduce lo destinado como presupuesto 2021 para sostenimiento de shotcrete, sino que impacta en una disminución final del costo/metro.

Por otro lado, este mismo análisis puede ser evaluado para el caso de Explotación, es decir en el índice costo/toneladas y de esa manera ver el impacto que resultaría de la implementación de la propuesta en el presupuesto de shotcrete.

Estos tipos de análisis, darían pie a poder continuar con este proyecto de tal manera de poder mejorar más la fórmula de la preparación de la mezcla.

## Capítulo 5 - Conclusiones

De acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos y al impacto generado al proyecto minero, se puede expresar dos conclusiones netamente diferenciables:

Desde el punto técnico operativo, se concluye que la propuesta llevada a cabo, permite una muy buena respuesta del macizo rocoso a la aplicación controlada de todas y cada uno de las etapas que componen el proceso de shotcrete, aplicado en el frente de operaciones, para brindarle mayor estabilidad y seguridad durante la producción, como así también optimizar los tiempos operativos y de este modo permitir avances importantes en el desarrollo del proyecto.

Al principio los operarios reaccionaron de manera negativa, pero explicándoles la importancia del proyecto se logró involucrarlos con mayor participación brindando sus opiniones para mejorar aún más el proceso.

Desde el punto de vista de la Administración del proyecto, se concluye en función de la financiación del proyecto, que, si se pudiera investigar y estudiar todas y cada una de las actividades que se desarrollan en el proyecto, y se lograra obtener resultados semejantes a los obtenidos en este trabajo, donde se consiguió una disminución en el presupuesto del proyecto para el año 2021 de \$ 73.276.331 a \$ 71.215.943; con tan solo estudiar e investigar el proceso de shotcrete en el frente.

El gran ahorro monetario conseguido, permitiría a todas las áreas operativas del proyecto minero, tener mayor margen económico que les posibilitaría operar con innovación y eficiencia y a la empresa, hacer una

buena gestión ambiental y poder acogerse a algún sistema internacional de evaluación de proyectos mineros en operación.

Como recomendación, lo ahorrado se lo puede invertir en la gestión de riesgos que conllevará a su vez al ahorro de recursos. En 2013 la empresa obtuvo la certificación DNV Nivel 7, continuó así hasta el 2016 que empezó a migrar al ISRS7. Éste, es un sistema propio de DNV GL, registrado internacionalmente; consiste en procesos clave que van de la mano con la mejora continua mediante evaluaciones exhaustivas y contribuye a:

- \* El ahorro económico mediante la reducción de los accidentes, las paradas de proceso y otros eventos de pérdida.

- \* Establecer un sistema de gestión integrado para impulsar la mejora continua.

- \* Establecer o confirmar el cumplimiento regulatorio.

- \* Establecer procesos de trabajo optimizados utilizando las mejores prácticas de la industria.

Así se entiende, que a través de organismos de certificación, como DNV GL es importante una Certificación de Sistemas de Gestión, pues con la certificación acreditada de los sistemas de gestión se demuestra el cumplimiento de una norma y sus requisitos y dado que las empresas se enfrentan a nuevas exigencias de rentabilidad, calidad, tecnología y desarrollo sustentable, es posible convertir estas presiones en ventajas competitivas, desarrollando un sistema de gestión eficaz adaptado a sus procesos de negocio y utilizarlo para mantener y mejorar constantemente el rendimiento general de su empresa.

De esta manera, al invertir en este sistema de gestión, la empresa podrá lograr mayor prestigio, además de ir avanzando de nivel para alcanzar la excelencia en la seguridad, la calidad y la gestión ambiental y así lograr un rendimiento empresarial sustentable y fomentar confianza de todos los stakeholders.

Otra posible inversión es destinar ese ahorro al presupuesto de exploraciones para descubrir nuevas reservas que ayuden a aumentar la vida operativa de la Mina, donde se mencionó que de acuerdo con las reservas de mineral probadas y probables actuales hay una vida operativa hasta 2022. Así, la operación de la mina se incrementaría si se descubriese una mayor mineralización en los sistemas de vetas actualmente conocidos.

## Bibliografía

-Bach Ramos Robles, E. (2017). *Diseño de la mezcla del concreto convencional y concreto lanzado (shotcrete) para obtener un concreto de buena calidad; en la Compañía Minera Volcan S.A. Unidad Andaychagua*. Tesis no publicada. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería de Minas.

-Barreda Gonzales, R. (2014). *Diseño de planta subterránea para optimizar y reducir costos en Mina Chipmo Cía. de Minas Buenaventura*. Tesis no publicada. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Geología, Geofísica y Minas.

-Bessant, J. (2003). *Challenges in innovation management. En L. Shavinina (Ed.), The international handbook on innovation* (pp. 761-774). Londres, GB: Elsevier Science.

-Camarena Cosme, F. (2016). *Optimización del sostenimiento con shotcrete vía húmeda con fines de minimizar costos y mejorar la producción de lanzado de la E.E. Robocon S.A.C. en la Mina San Cristóbal – Cía. Minera Volcan S.A.A*. Tesis no publicada. Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería de Minas.

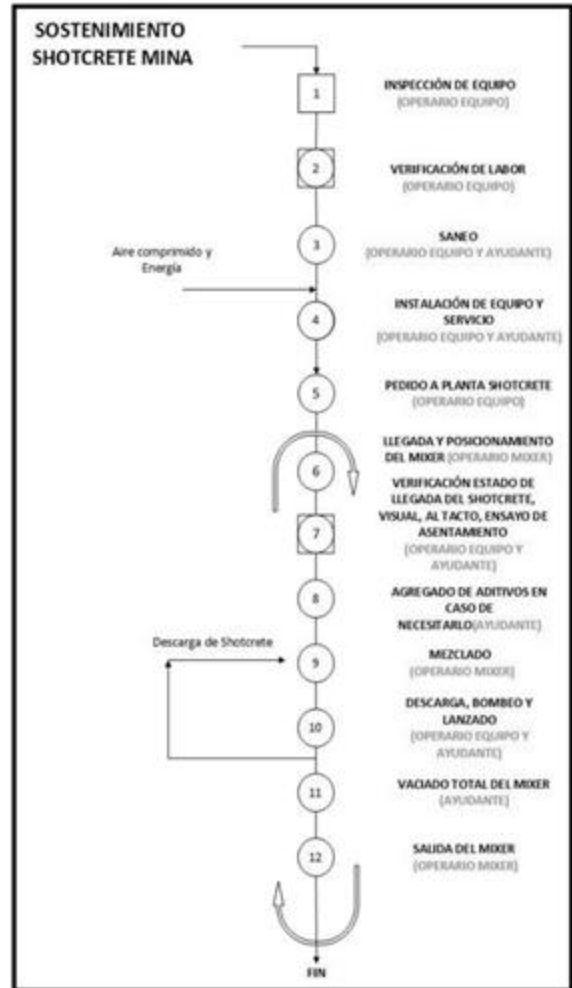
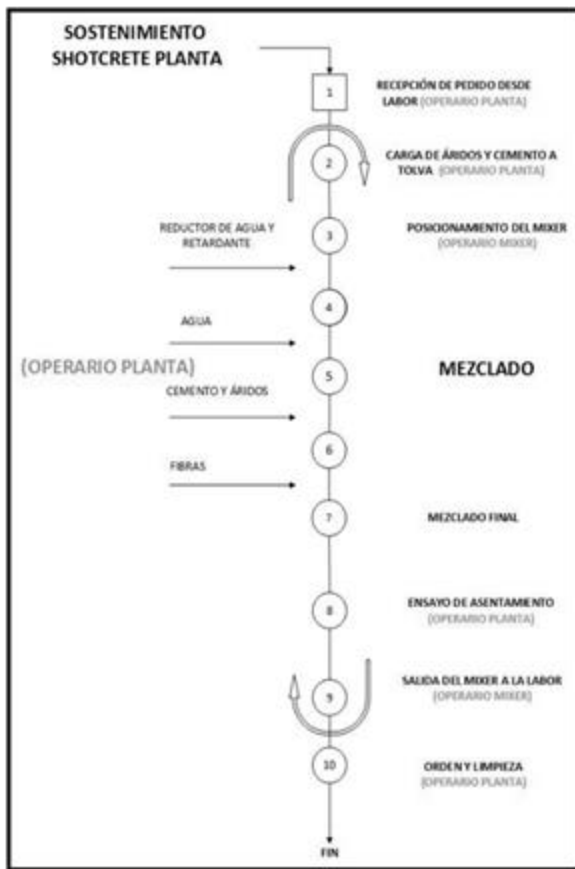
-Contabilidad administrativa y de costos (2009) *Uso de la información de costos en la toma de decisiones*. Recuperado de <http://gc.initelabs.com/recursos/les/r157r/w13064w/ContAdva%20y%20costos%2009.pdf>.

-Gilli, J. J. (2011). *Ética y empresa. Valores y responsabilidad social en la gestión*. Buenos Aires: Granica.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y, Baptista, M. (2006). *Metodología de la Investigación*. Álvaro Obregón, México: Jesús Mares Chacón.
- Horngren, C. T., Datar, S. M., y Foster, G. (2012). *Contabilidad de Costos. Un enfoque gerencial. (14.va ed.)*. México: Prentice Hall.
- Maldonado Astorga, R., Zamora Pérez, E., Jimeno Hernández, J. y Torres Aponte, T. (2016). *Modelo de Gestión de Operaciones*. Miraflores, Perú: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.
- Matamorros Campos, J.A. (2019). *Mejoramiento del sostenimiento con shotcrete de labores permanentes con equipo robotizado en Cuerpo Esperanza - Compañía Minera Casapalca S.A.* Tesis no publicada. Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería de Minas.
- PwC Asia School of Mines (2012). *Productivity and Cost Management*. Recuperado de [https://www.pwc.com/id/en/asia-school-of-mines/assets/productivity-and-cost-management\\_franz-wentzel.pdf](https://www.pwc.com/id/en/asia-school-of-mines/assets/productivity-and-cost-management_franz-wentzel.pdf)
- Nicholson, W. (2006). *Microeconomía intermedia y sus aplicaciones*. 9ª ed. Thomson México.
- Valle Morales J.C (2020). *Time management model: a scheme to achieve high productivity and cost efficiency for mining processes*. *Minería: Publicación Oficial del Instituto de Ingenieros de Minas del Perú*. Recuperado de <https://www.mineriaonline.com.pe/english/time-management-model:-a-scheme-to-achieve-high-productivity-and-cost-efficiency-for-mining-processes>



## Anexo 1: Diagrama Proceso de Shotcrete



## Anexo 2: Análisis 5 M's

PROCESO	M's	QUE / QUIEN	CUANDO / CUANTO	PLAN DE ACCIÓN
SHOTCRETE	<b>Materiales</b>	Cemento; Arena; Aditivos; Fibras Polipropileno; Agua (cuya mezcla es realizada por el operador de planta)	Si bien la formula de preparacion esta definida, la dosificación de aditivos no se realiza de manera adecuada ya que la planta no cuenta con dosificadores.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mejorar el control en la dosificación de los aditivos.</li> <li>2. Capacitación al personal operador de planta sobre el uso la tecnologia del shotcrete y la precision en el empleo de las formulas para garantizar el resultado esperado (resistencia del shotcrete)</li> <li>3. Implementación de supervisor especifico para proceso de shotcrete en su preparación.</li> </ol>
	<b>Mano de obra</b>	El proceso es llevado a cabo por 1 operador de planta, 2 operadores de mixer, 1 operador de robot y un ayudante de robot por turno. Frecuentemente se da que el operador de planta tambien opera el mixer.	Se tienen dos turnos: Tarde: de 12:00 a 20:00 Noche: de 22:00 a 06:00	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Operador de planta abocado sólo a planta (realización de controles de calidad)</li> <li>5. Implementación de supervisor especifico para proceso de shotcrete.</li> </ol>
	<b>Maquinaria y equipos</b>	La planta está en funcionamiento: Silo Tolva para agregados Alimentadores Balanza de materiales Cabina de control Equipos para control de calidad 3 Robot (2 en uso) 6 Mixer (4 en uso) 1 Scoop LH 204-01 (2,6 YD)	-	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Dimensionamiento y pedido de cotizacion de equipo dosificador.</li> <li>7. Conexión entre el controlador de la planta y la PC.</li> <li>8. Instalación de cable de red o WiFi en las oficinas de plantas para facilitar el acceso al Sio y reportes.</li> <li>9. Adecuar las condiciones del depósito de almacenamiento de aditivos y de las instalaciones del laboratorio.</li> </ol>
	<b>Métodos y procedimientos</b>	Se cuenta con procedimientos en la preparación de shotcrete y técnicas de lanzado.	-	<ol style="list-style-type: none"> <li>10. Capacitaciones a operarios sobre la correcta preparación del shotcrete, como así también de su lanzado.</li> <li>11. Implentación de un supervisor especifico para el proceso de shotcrete.</li> <li>12. Implementación de check list para verificar que la entrega de la labor al supervisor sea la adecuada para el lanzado del shotcrete.</li> </ol>
	<b>Medición</b>	Se cuenta con serie de tamices, balanza, secador de muestra, prensa de compresión simple, moldes de probetas y un cono de Abrams. No se están realizando mediciones.	En proceso de adquisición un extractor de muestra de shotcrete	<ol style="list-style-type: none"> <li>13. Adquisición de más instrumentel para mejorar las mediciones (2 conos de Abrams, paneles de muestreo, penetrómetro para medición de resistencias tempranas)</li> <li>14. Implementación de un supervisor especifico para realizar controles de calidad.</li> <li>15. Las mediciones serán realizadas por el supervisor y/o por el personal del proceso de shotcrete.</li> </ol>

### Anexo 3: Presupuesto Shotcrete 2019 y 2020

		<b>2019</b>													
Consumos Unitarios y Totales Explotación		por TME/1	2019	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19
CEMENTO PORTLAND TIPO I A GRANE	Kg/Tn	1.069.400	99.205	49.138	96.211	102.351	101.355	91.171	89.858	91.416	85.068	91.354	83.315	88.958	
Agregado Para Concreto	Kg/Tn	3.239.736	300.542	148.863	291.470	310.070	307.055	276.200	272.224	276.944	257.712	276.757	252.402	269.496	
Acelerante Shotcrete P/Concreto Proyec	Kg/Tn	31.084	2.884	1.428	2.797	2.975	2.946	2.650	2.612	2.657	2.473	2.655	2.422	2.586	
Aditivo Estabi Decia "Retardante"	Kg/Tn	4.962	460	228	446	475	470	423	417	424	395	424	387	413	
Aditivo Super Decia "Superplastificante"	Kg/Tn	9.377	870	431	844	897	889	799	788	802	746	801	731	780	
Fibra polipropileno PP50 ASTM C1116	Kg/Tn	6.756	627	310	608	647	640	576	568	578	537	577	526	562	
CEMENTO PORTLAND TIPO I A GRANE	US\$	198.438	18.002	8.948	17.584	18.778	18.670	16.864	16.693	17.058	15.946	17.206	15.768	16.921	
Agregado Para Concreto	US\$	47.799	4.336	2.155	4.236	4.523	4.497	4.062	4.021	4.109	3.841	4.145	3.798	4.076	
Acelerante Shotcrete P/Concreto Proyec	US\$	20.205	1.874	928	1.818	1.934	1.915	1.723	1.698	1.727	1.607	1.726	1.574	1.681	
Aditivo Estabilizador De Mezcla Hormigon	US\$	6.398	580	288	567	605	602	544	538	550	514	555	508	546	
Aditivo Super Plastificante P/Hormigon	US\$	12.340	1.119	556	1.093	1.168	1.161	1.049	1.038	1.061	992	1.070	981	1.052	
Fibra polipropileno PP50 ASTM C1116	US\$	37.682	3.418	1.699	3.339	3.566	3.545	3.202	3.170	3.239	3.028	3.267	2.994	3.213	
Consumos Unitarios y Totales Preparación															
CEMENTO PORTLAND TIPO I A GRANE	Kg/Mts	407.524	40.213	11.438	44.681	37.532	37.460	46.790	40.963	34.708	29.132	32.206	23.163	29.239	
Agregado Para Concreto	Kg/Mts	1.784.863	176.122	50.097	195.691	164.381	164.068	204.928	179.410	152.013	127.591	141.054	101.446	128.060	
Acelerante Shotcrete P/Concreto Proyec	Kg/Mts	19.033	1.878	534	2.087	1.753	1.750	2.185	1.913	1.621	1.361	1.504	1.082	1.366	
Aditivo Estabi Decia "Retardante"	Kg/Mts	2.342	231	66	257	216	215	269	235	199	167	185	133	168	
Aditivo Super Decia "Superplastificante"	Kg/Mts	6.180	610	173	678	569	568	710	621	526	442	488	351	443	
Fibra polipropileno PP50 ASTM C1116	Kg/Mts	2.980	294	84	327	274	274	342	299	254	213	235	169	214	
CEMENTO PORTLAND TIPO I A GRANE	US\$	75.545	7.297	2.083	8.166	6.886	6.900	8.655	7.610	6.476	5.461	6.066	4.384	5.562	
Agregado Para Concreto	US\$	26.308	2.541	725	2.844	2.398	2.403	3.014	2.650	2.255	1.902	2.112	1.527	1.937	
Acelerante Shotcrete P/Concreto Proyec	US\$	12.372	1.221	347	1.356	1.139	1.137	1.420	1.244	1.054	884	978	703	888	
Aditivo Estabilizador De Mezcla Hormigon	US\$	3.017	291	83	326	275	276	346	304	259	218	242	175	222	
Aditivo Super Plastificante P/Hormigon	US\$	8.124	785	224	878	740	742	931	818	696	587	652	471	598	
Fibra polipropileno PP50 ASTM C1116	US\$	16.602	1.604	458	1.795	1.513	1.516	1.902	1.672	1.423	1.200	1.333	963	1.222	

**2020**

	Variabilidad por TME/T	TC° 81,882 2020	TC° 69,92 ene-20	TC° 71,90 feb-20	TC° 73,93 mar-20	TC° 76,02 abr-20	TC° 78,17 may-20	TC° 80,38 jun-20	TC° 82,65 jul-20	TC° 84,98 ago-20	TC° 87,38 sep-20	TC° 89,85 oct-20	TC° 92,39 nov-20	TC° 95,00 dic-20
<b>Consumos Unitarios y Totales Explotación</b>														
CEMENTO PORTLAND TIPO I A GRANEL	Kg/Tn	799.273	62.760	48.415	61.984	57.382	66.196	65.572	69.554	76.151	74.746	71.201	70.757	74.555
ACELERANTE SHOCRETE P/ CONCRETO (EN KG)	Kg/Tn	49.955	3.923	3.026	3.874	3.586	4.137	4.098	4.347	4.759	4.672	4.450	4.422	4.660
AGREGADO PARA CONCRETO	Kg/Tn	3.396.910	266.732	205.765	263.432	243.872	281.331	278.681	295.605	323.640	317.671	302.605	300.718	316.858
FIBRA POLIPROPILENO PP50 ASTM C1116	Un/Tn	7.993	628	484	620	574	662	656	696	762	747	712	708	746
ADITIVO ESTABILIZADOR DE MEZCLA HORMIGON	Kg/Tn	6.994	549	424	542	502	579	574	609	666	654	623	619	652
ADITIVO SUPER PLASTIFICANTE P/HORMIGON	Kg/Tn	7.993	628	484	620	574	662	656	696	762	747	712	708	746
CEMENTO PORTLAND TIPO I A GRANEL	US\$	154.624	13.685	10.350	12.991	11.791	13.270	12.825	13.337	14.315	13.776	12.865	12.534	12.885
ACELERANTE SHOCRETE P/ CONCRETO (EN KG)	US\$	27.168	2.405	1.819	2.283	2.072	2.332	2.253	2.343	2.515	2.420	2.260	2.202	2.264
AGREGADO PARA CONCRETO	US\$	36.866	3.263	2.468	3.097	2.811	3.164	3.058	3.180	3.413	3.284	3.067	2.988	3.072
FIBRA POLIPROPILENO PP50 ASTM C1116	US\$	38.849	3.438	2.600	3.264	2.962	3.334	3.222	3.351	3.597	3.461	3.232	3.149	3.237
ADITIVO ESTABILIZADOR DE MEZCLA HORMIGON	US\$	7.748	686	519	651	591	665	643	668	717	690	645	628	646
ADITIVO SUPER PLASTIFICANTE P/HORMIGON	US\$	8.830	782	591	742	673	758	732	762	817	787	735	716	736
<b>Consumos Unitarios y Totales Preparaciones</b>														
CEMENTO PORTLAND TIPO I A GRANEL	Kg/Mts	197.219	18.078	20.319	26.101	26.662	8.533	13.789	17.645	9.668	15.217	7.961	15.770	17.476
AGREGADO PARA CONCRETO	Kg/Mts	838.182	76.832	86.354	110.931	113.314	36.266	58.604	74.993	41.088	64.672	33.836	67.020	74.273
FIBRA POLIPROPILENO PP50 ASTM C1116	Kg/Mts	1.972	181	203	261	267	85	138	176	97	152	80	158	175
ADITIVO SUPER PLASTIFICANTE P/HORMIGON	Kg/Mts	1.972	181	203	261	267	85	138	176	97	152	80	158	175
ADITIVO ESTABILIZADOR DE MEZCLA HORMIGON	Kg/Mts	1.726	158	178	228	233	75	121	154	85	133	70	138	153
ACELERANTE SHOCRETE P/ CONCRETO (EN KG)	Kg/Mts	13.245	1.214	1.365	1.753	1.791	573	926	1.185	649	1.022	535	1.059	1.174
CEMENTO PORTLAND TIPO I A GRANEL	US\$	38.900	3.942	4.344	5.471	5.479	1.711	2.697	3.383	1.817	2.804	1.439	2.793	3.020
AGREGADO PARA CONCRETO	US\$	9.275	940	1.036	1.304	1.306	408	643	807	433	669	343	666	720
FIBRA POLIPROPILENO PP50 ASTM C1116	US\$	9.773	990	1.091	1.374	1.376	430	678	850	457	705	361	702	759
ADITIVO SUPER PLASTIFICANTE P/HORMIGON	US\$	2.221	225	248	312	313	98	154	193	104	160	82	160	172
ADITIVO ESTABILIZADOR DE MEZCLA HORMIGON	US\$	1.949	198	218	274	275	86	135	170	91	141	72	140	151
ACELERANTE SHOCRETE P/ CONCRETO (EN KG)	US\$	7.344	744	820	1.033	1.034	323	509	639	343	529	272	527	570

**TOTAL EXPLOTACIÓN: U S \$ 274.085**

**TOTAL PREPARACIÓN: U S \$ 69.462**

## Anexo 4: Equipos Utilizados

### 4.1. Equipo Robotizado para la aplicación de Shotcrete (Robot)



Figura 9: Equipo Robot

### 4.2. Equipo de Mezclado y Transporte de hormigón de perfil bajo (Mixer)



Figura 10: Equipo Mixer

### 4.3. Planta Dosificadora TM30

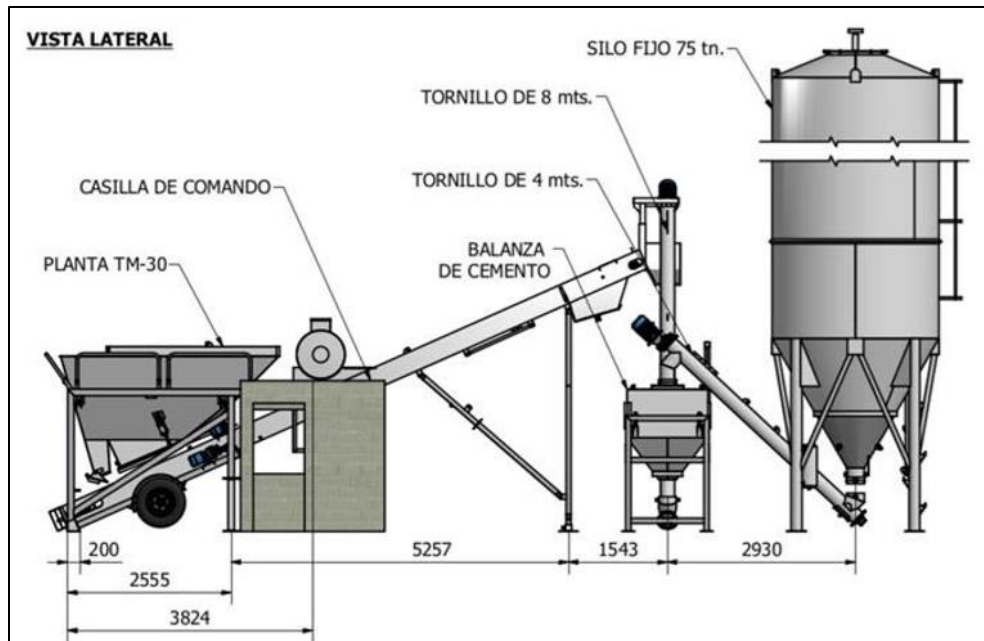


Figura 11: Vista Lateral de la Planta Dosificadora



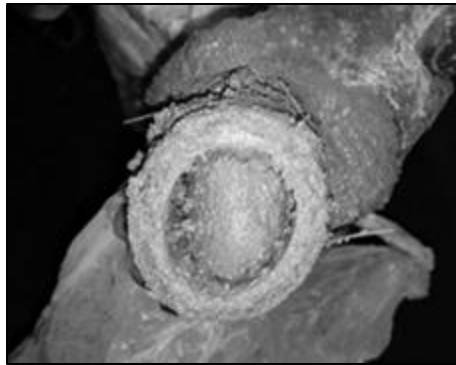




## Anexo 6: Observaciones en Interior Mina

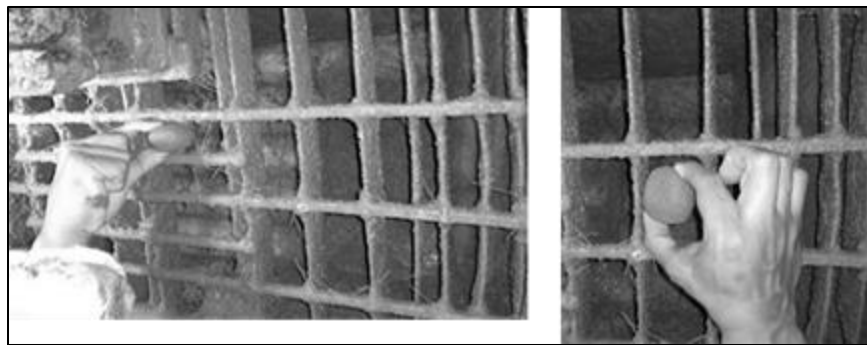
En las labores: Tj 613 N en veta Ex – Ayelén en Frea; 1er. Cargadero en 640 en Kospi y Tj 621 S en Frea, se observaron iguales condiciones:

- La obstrucción de la boquilla producida por los áridos que se utilizan puede ser causada por una errónea clasificación de los áridos por parte de la empresa que los provee o bien por la contaminación en el momento de cargar en la tolva.



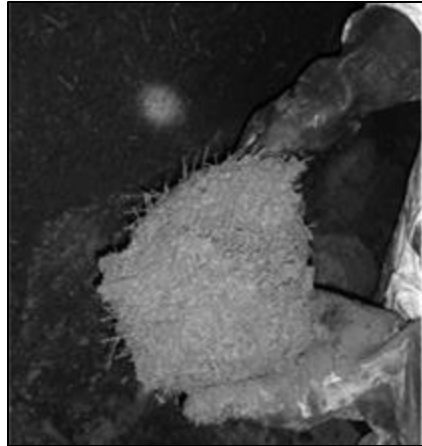
*Figura 12:* Obstrucción de la boquilla

- La criba que está en la tolva de descarga tiene aberturas grandes la cual permite el ingreso de cantos rodados de gran tamaño.



*Figura 13:* Obstrucción de la criba

- La compactación de las fibras, se generan por un inadecuado carguío de las mismas y mal mezclado que se observa en planta, el cual no permite una homogénea dispersión y genera inconvenientes en el momento de lanzado.



*Figura 14: Aglomerado de fibras*

- La obstrucción de las cañerías producidas por una escasa limpieza del equipo.



*Figura 15: Limpieza del equipo*

- Otro de los inconvenientes que se evidencio en las labores y es bastante frecuente según lo manifestado por los operarios, son las dimensiones reducidas de las secciones o al tener pechos dificulta el ingreso del Mixer, el cual produce demoras hasta de 10 minutos realizando maniobras hasta llegar donde se encuentra el robot.



*Figura 16:* Labor de sección no adecuada para el paso del equipo

- En los Tajos y Rampas con pendiente (+), la operación se dificulta por ser labores estrechas que dificultan el ingreso del mixer y además no tiene el espacio suficiente para que el operario acceda a la consola de mando por tal motivo se ve forzado a subirse a la baranda del Mixer exponiéndose a sufrir cualquier tipo de accidente.

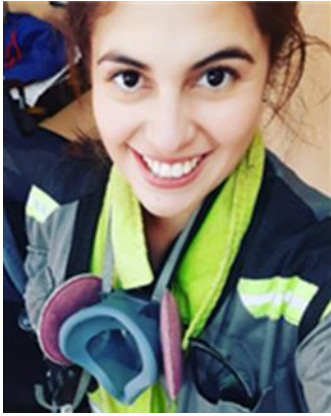


*Figura 17:* Inconvenientes en Rampas

- Pernos que quedan colgados y que también dificultan el ingreso del Mixer.



*Figura 18:* Pernos salientes



# Ingeniera de Minas

## PATRICIA NOEMI ELENA CONTRERA SANTANDER

D.N.I: 37.899.430  
Fecha Nacimiento: 23/04/1994  
Edad: 27 años  
Licencia de Conducir Personal Categoria B1

(264)-155544915  
 [patriccontrera29@gmail.com](mailto:patriccontrera29@gmail.com)  
 [www.linkedin.com/in/patricia-contrera-96b273166](http://www.linkedin.com/in/patricia-contrera-96b273166)  
 Vélez Sarfield 283 (O) Barrio Güemes – Rawson – Provincia de San Juan- Argentina

### COMPETENCIAS PROFESIONALES



### FORMACIÓN

- UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN – FACULTAD DE INGENIERIA** Egresada el 06.06.2018  
**Título: Ingeniera de Minas**
- UNIVERSIDAD SIGLO XXI** Finalización diciembre 2020-  
En proceso de desarrollo de Tesis  
**Máster en Administración de Empresas**

### CURSOS COMPLEMENTARIOS

- CURSO EXCEL** Realizado el 2019  
Yellow Belt (Análisis y Dashboards); Green Belt (Fórmulas y Funciones); Black Belt (Power Pivot, Power BI y Macros)

### ACTUAL PUESTO LABORAL

**UNIDAD MINERA SANTA CRUZ – ÁREA SERVICIOS MINA** (desde Abril 2021)  
**Jefe de Guardia de Servicios Mina**

### ANTERIORES PUESTOS LABORALES

- UNIDAD MINERA ANDINA DEL SOL (VELADERO) – PRÁCTICA DE VERANO 1** Ene 2016 por 14 días
  - **Perforación y Voladura**
  - **Gestión y Servicios Mina**
  - **Dispatch (Centro de Control)**
- UNIDAD MINERA PIRQUITAS (SILVERT STANDART) – PRÁCTICA DE VERANO 2** Feb 2017 por 21 días
  - **Área de Metalurgia**
- UNIDAD MINERA ANDINA DEL SOL (VELADERO) – TRABAJO FINAL (TESIS)** 09 Feb 2018 al 26 Abr 2018
  - **Área de Perforación y Voladura**
- UNIDAD MINERA SANTA CRUZ** 09 Jul 2018 a Dic 2018
  - **Área de Planeamiento**

Contrato por 6 meses. Evaluación, control y optimización del ciclo de minado y rendimiento en avance
- UNIDAD MINERA SANTA CRUZ** Dic 2018 a Marz 2021
  - **Área de Productividad Cooperativa**

Mejora continua para todas las áreas de la unidad. Levantamiento línea de base para cálculos de Kpi, capacitaciones a operarios. Planes de acción, seguimiento y control