


ESTRATEGIAS OPERACIONALES PARA PREDECIR Y MINIMIZAR LA DILUCION EN VETAS ANGOSTAS CON PRODUCTIVIDAD.

COMPAÑIA MINERA KOLPA

 **CONSTRUYENDO
JUNTOS UN
PERU MEJOR**



CONTENIDO



- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 OBJETIVOS
- 3 REVISION BIBLIOGRÁFICA
- 4 METODOLOGIA
- 5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS
- 6 CONCLUSIONES

EVOLUCIÓN DE PRODUCCIÓN ANUAL

Performance Producción anual en Compañía Minera Kolpa desde el año 2017 hasta el 2022 y el crecimiento de aporte en métodos de explotación de mayor productividad.



2017

Producción Anual de 337,768 tn de las cuales eran explotadas por CAF y Avances

2018

Se aumentó a 353,035 tn anual, un 4% más respecto al año 2017, sin embargo aún se seguía explotando por CAF.

2019

La producción anual fue en aumento, llegando a 374,452 tn y se empezó a realizar las primeras pruebas en SLS

2020

La producción anual llegó a 414,952 tn, la producción en SLS alcanzó ya un 30% de la producción total.

2021-2022

La producción anual llegó a un ritmo entre 523,131-592,030 tn, se redujo el aporte en CAF, el SLS pasó de 40% hasta un 50% respecto al 2020, asimismo se dio paso a la explotación de SLS en vetas angostas.



OBJETIVOS



OBJETIVO 1

Demostrar la viabilidad de explotación de vetas angostas mediante métodos de alta productividad.



OBJETIVO 2

Mostrar el impacto directo de la dilución en los costos operativos por tipo de método de minado.



OBJETIVO 3

Definir estrategias operacionales mediante una metodología para minimizar y mitigar la dilución en vetas angostas.



OBJETIVO 4

Definir estrategias operacionales en perforación y voladura para reducir la dilución cada vez en el tiempo.



REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

• PERUMIN 1980

• Romeo Calderon

- Incremento de Reservas con reducción en el ancho de labor para la explotación de vetas angostas e introducción de micro-scoops.

• 2018

• Wang et al.

- Desarrolló un diseño para extracción de paneles de mineral tomando en cuenta la estabilidad reduciendo la dilución en SLS de vetas de Bauxita

• 2019

• Ganqiang Tao

- Reducción de la dilución mediante la aplicación de técnicas avanzadas de voladura en la industria minera subterránea.

• Simon C. Dominy

- Vetas angostas representan un importante recurso en el mundo, pero generalmente son técnicamente difíciles de explotar.

• 1997

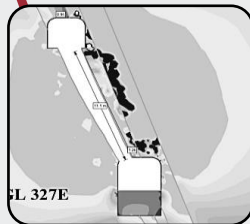
• Xiufeng Zhang

- Diseñó y utilizó un modelo para investigar la influencia de diferentes anchos de vetas y buzamientos y su influencia en la dilución.

• 2018

METODOLOGÍA

- Performance de producción anual por tipo de explotación.
- Modelo geológico en vetas angostas.
- Mapeo Geomecánico.
- Diseño de malla en perforación y voladura



Recolección y Procesamiento de Datos

4.1



Definición y análisis de Indicadores Operacionales

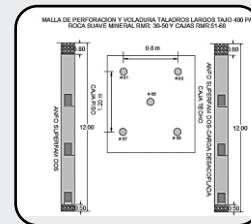
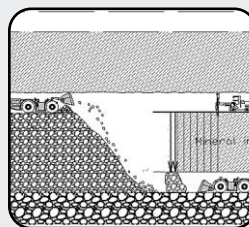
- Factor de Potencia (KG/T)
- Índice de productividad (TMS/HG)
- %Dilución
- Burden y espaciamento
- CashCost (\$/t)
- Correlación de variables.

4.2

- Objetivos y Definición.
- Tipo de Explosivo
- Elección de Tipo de aceros.
- Dilución sin técnicas de control de voladura.;
- Dilución utilizando técnicas de P/V
- Control de Perforación y Contorneo de Veta.
- Verificación y validación con cargas distribuidas en P&V.

Concepción e implementación

4.3



Toma de decisiones operativas

- Análisis de los resultados operacionales;
- Análisis de resultados económicos;
- Toma de decisión de acuerdo al mejor escenario global.
- Definición e implementación de diagrama de flujo operativo.

4.4

METODOLOGÍA

Colecta y Procesamiento de Datos

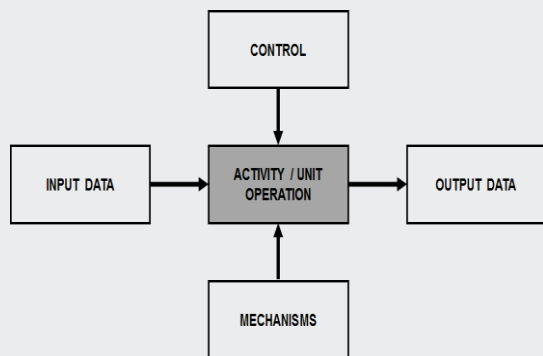


Fig.01. Enfoque general de mapeo de datos para cada colecta y procesamiento de datos consistente con los estándares de modelado de funciones de acuerdo con Definición de integración para el modelado de funciones
Fuente: (IDEFO) Integration Definition for Function Modeling (NIST)

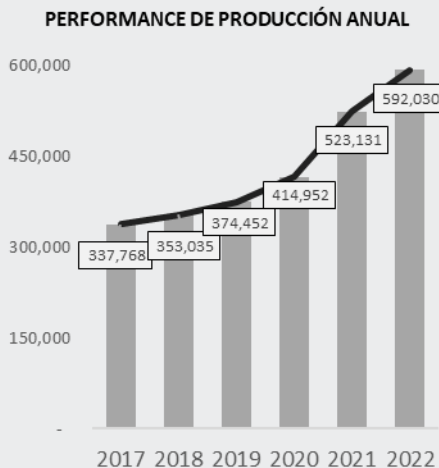


Fig.02 Performance de Producción Anual a través de los últimos años.

SOBRE-COSTO ANUAL POR SOBRE-DILUCIÓN (\$)

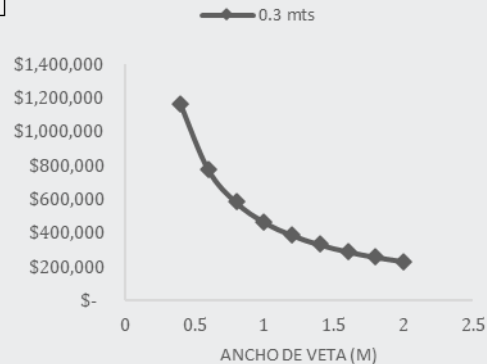


Fig.03 Sobrecosto anual por 30 cm de Sobre-Dilución.

METODOLOGÍA

Definición y Análisis de Indicadores operacionales



**Factor de Potencia
(kg/ton)**

Cantidad de explosivo utilizado por tonelada de mineral roto



**Burden
(mts)**

Distancia mínima a la cara libre.



**Índice de Productividad
(TMS/HG)**

Es la cantidad de tonelaje que produce una persona por guardia en la unidad minera



RMR

Tipo de clasificación geomecánica presentado por Bieniawski en 1973.



**CashCost
(\$/t)**

Indicador que mide el costo de producir una tonelada de mineral.



**Dilución
(%)**

Proceso de mezcla mineral de mejor y peor ley (y/o estéril), generado durante las etapas de diseño y/o extracción mineral.

METODOLOGÍA

Concepción e Implementación

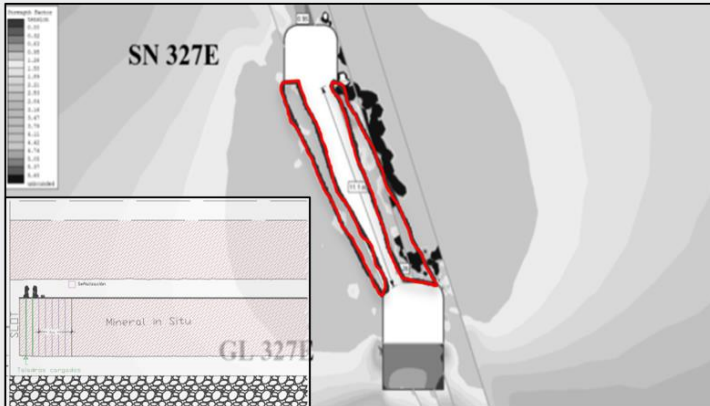


Fig.04 Dentro del análisis de estabilidad, a alturas mayores de 10 mts de bancada se tenían spam diseñados entre 15 y 40 mts, que encima de este rango provocaba desprendimiento en las cajas.

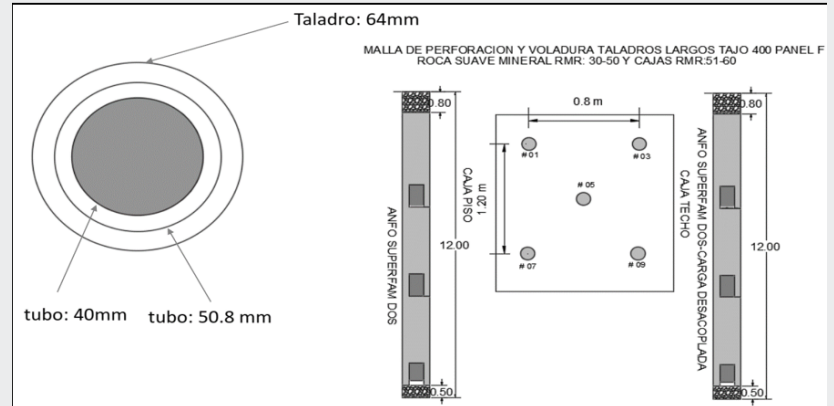


Fig.05 Malla de perforación y voladura mediante cargas distribuidas utilizando tubos de PVC.

METODOLOGÍA

Concepción e Implementación: Tipo de Explosivo

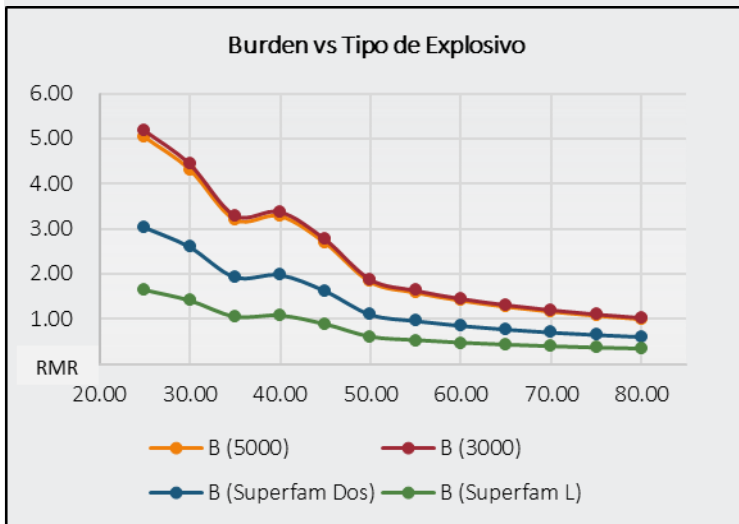


Fig.06 Diseño de mallas de perforación en SLS, donde se obtiene los posibles Burden con diferentes explosivos.

$$B = \frac{K * \phi}{1000} \sqrt{\frac{\rho_{det}}{S_{td}}}$$

RMR	B (5000)	B (3000)	B (Superfam Dos)	B (Superfam L)
25.00	5.03	5.17	3.04	1.65
30.00	4.31	4.43	2.61	1.42
35.00	3.21	3.29	1.94	1.05
40.00	3.28	3.37	1.98	1.08
45.00	2.69	2.76	1.62	0.88
50.00	1.83	1.88	1.10	0.60
55.00	1.59	1.63	0.96	0.52
60.00	1.42	1.45	0.86	0.47
65.00	1.28	1.31	0.77	0.42
70.00	1.17	1.20	0.71	0.38
75.00	1.08	1.11	0.65	0.35
80.00	1.00	1.03	0.61	0.33

Tab.01 Análisis de diseño de mallas de perforación en SLS, donde se realiza el comparativo de RMR con tipo de Explosivo a utilizar.

METODOLOGÍA

Concepción e Implementación: Control de P&V y Elección Tipo de Acero

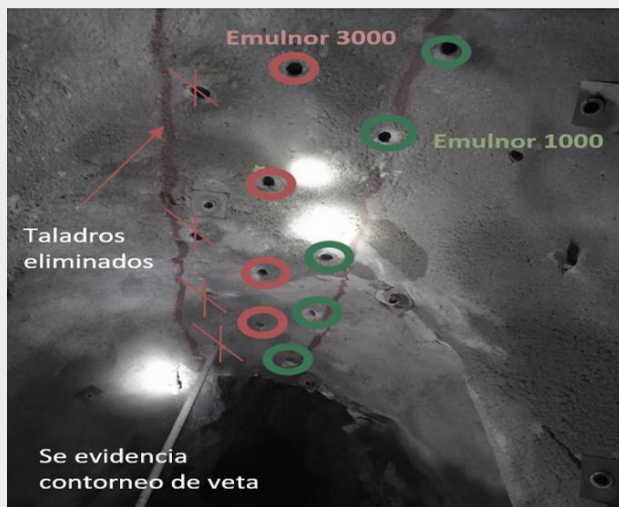


Fig.07 Los taladros que están <0.1mts del contorno con las cajas no son considerados para el carguío. De ser roca encajonante con RMR < 41 se realiza el carguío con un explosivo de menor energía de detonación.

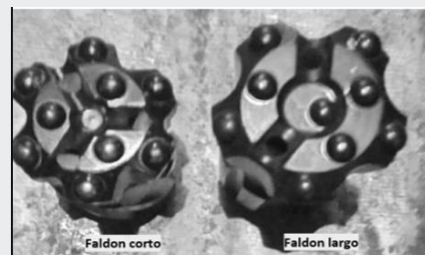
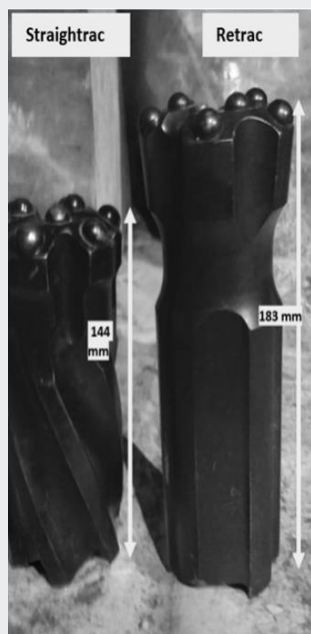
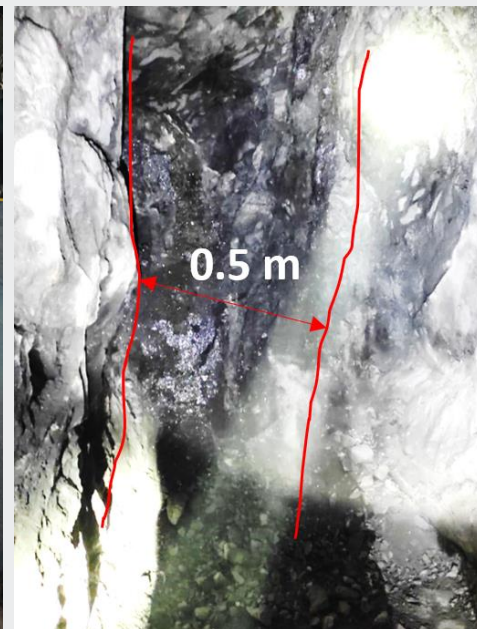


Fig.08 Diferencia de tipo de aceros para perforación, véase la diferencia del faldón corto y largo, los resultados para rocas tipo IVA con RMR [31-40] obtiene mejores resultados dentro de análisis de control de dilución por la evacuación de detritus y rendimiento de este(50%+ del largo).

METODOLOGÍA

Toma de Decisiones Operativas: Control de Perforación y Contorneo de Veta



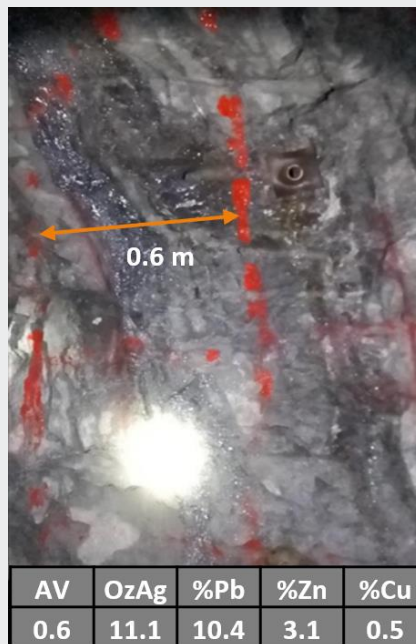
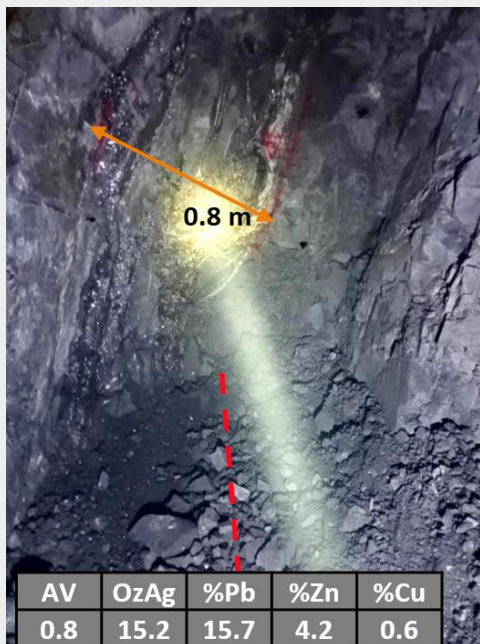
METODOLOGÍA

Toma de Decisiones Operativas: Resultados Preliminares.

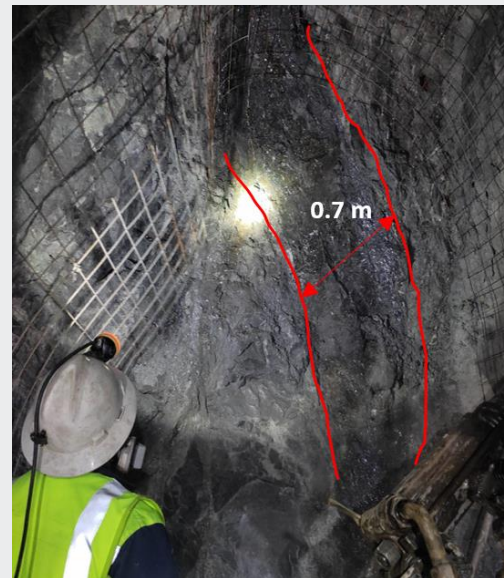
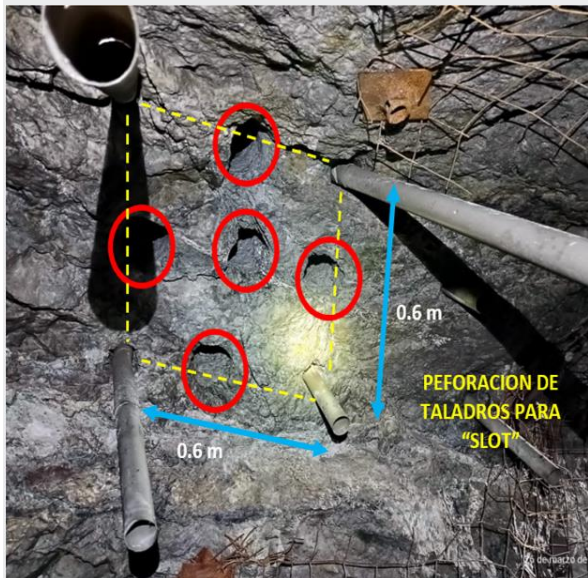


METODOLOGÍA

Toma de Decisiones Operativas



METODOLOGÍA



METODOLOGÍA

Toma de Decisiones Operativas

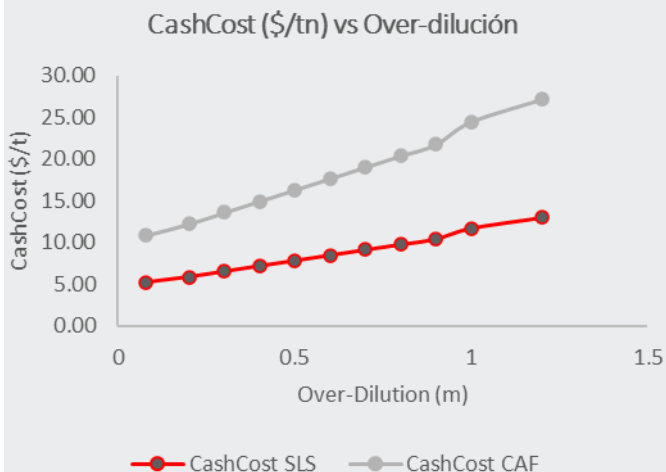


Fig.09 Muestra la disminución del CashCost a medida que se reduce y controla la dilución en SLS o CAF.

Comparativo de Costo Operativo CAF vs SLS

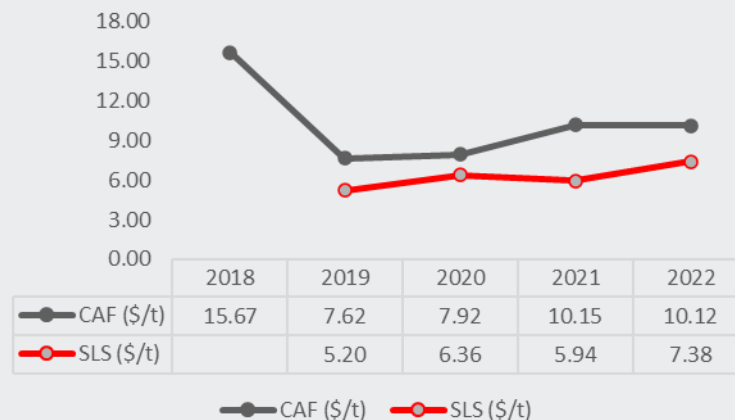
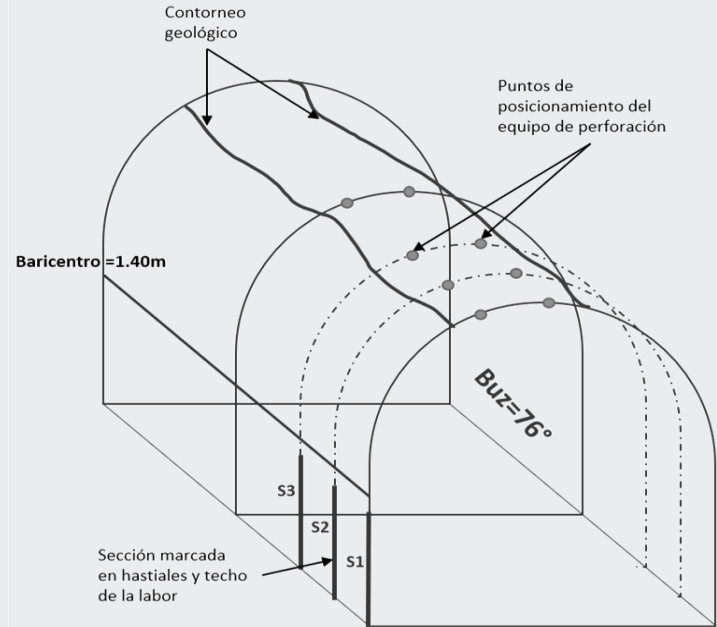
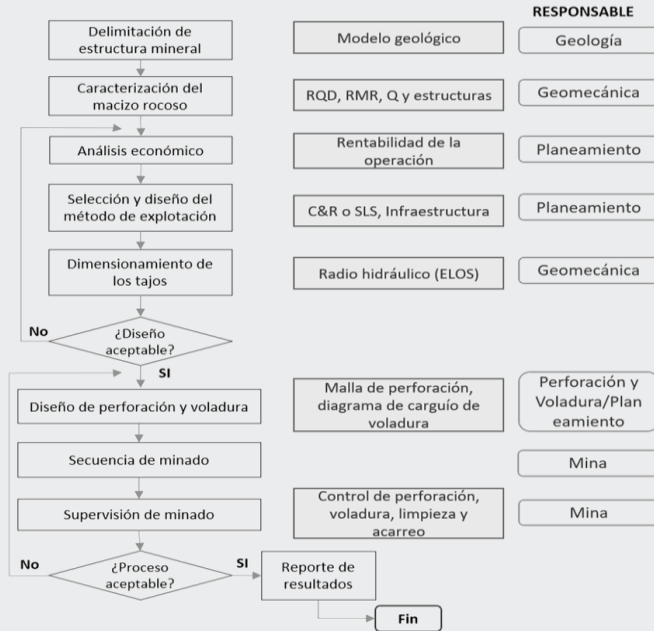


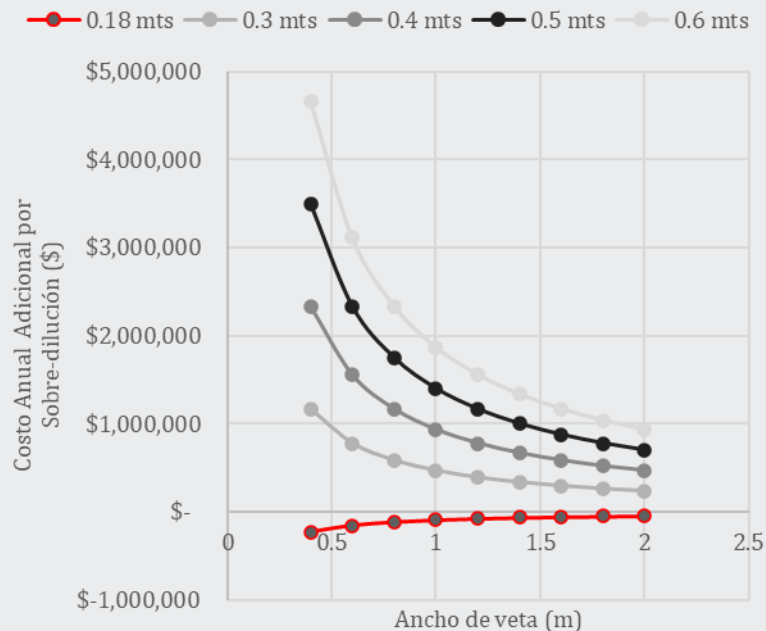
Fig. 10 Comparativo de costo operativo entre CAF vs SLS. (a partir del 2021 se redujo el costo al reducir los anchos de dilución)

METODOLOGÍA

Toma de Decisiones Operativas: Implementación de Diagrama de Flujo Operativo.



DISCUSIÓN DE RESULTADOS



- Es posible y se ha demostrado la explotación de vetas angostas en SLS de hasta 0.8 mts. Este resultado es muy favorable ya que en situaciones normales este tipo de estructuras angostas son explotadas mediante CAF.
- Se muestra las curvas de sobrecosto anual de obtener sobre-dilución en un margen de [0.3-0.6] mts, sin embargo, con los controles, estrategias operaciones y metodología adecuada tenemos un margen positivo al controlar la dilución hasta en un 0.18 mts en algunos tajeos.

Fig. 11 Costo Anual de Sobre-Dilución vs Ancho de Veta (mts)

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

PERFORMANCE DE PRODUCCIÓN ANUAL

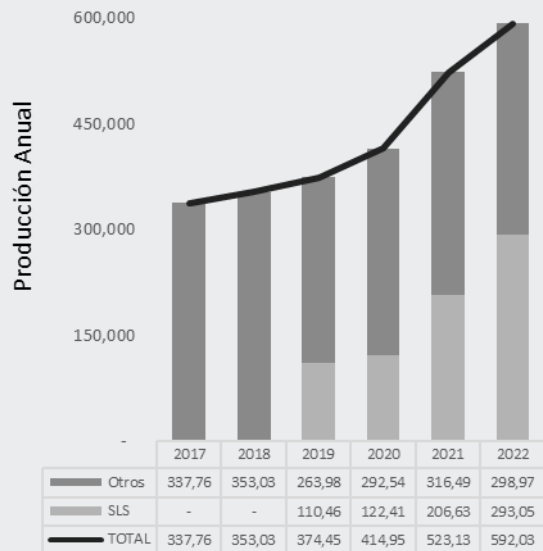


Fig. 12 Performance de Producción Anual

CURVA DE PRODUCTIVIDAD HISTORICA

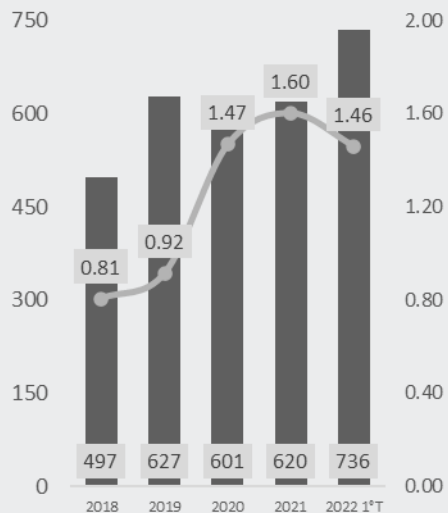


Fig. 13 Índice de Productividad (TMS/HG)

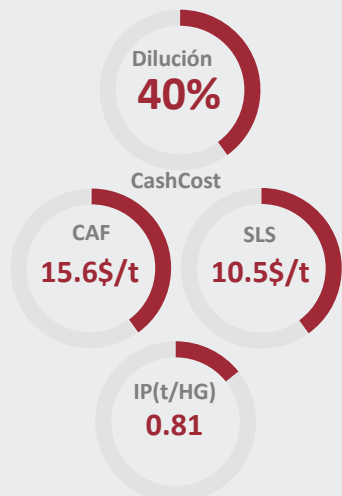
COSTO PRODUCCIÓN (\$/t)



Fig. 14 Costo de Producción Total (\$/t)

CONCLUSIONES

-\$4,000,000



Inicio de Operaciones

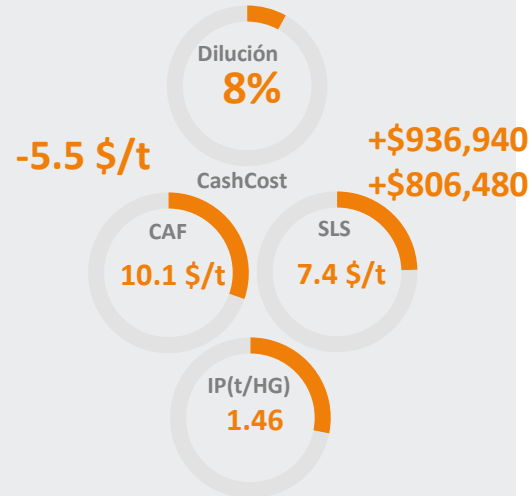
Operaciones con costos elevados debido a la alta dilución así como porcentajes mayores de CAF vs SLS, así como Índices de Productividad(TMS/HG) por debajo del estimado así como alto consumo de Explosivos.

Estrategias Operacionales en Vetas Angostas



Operaciones antes de los controles

+\$1,200,000



Implementación

La dilución pasó de un 40% a un 8% mediante el uso de tubería de PVC en la carga con carga desacoplada, control de desviación de taladros, uso adecuado de brocas por tipo de roca, control de perforación y contorno de estructuras mineralizadas y una importante reducción en los costos operativos de hasta 5.5 \$/t en CAF y 3.12 \$/t frente a SLS

TRABAJOS A FUTURO

Mayor % de formalización

Tener los procesos bien definidos tanto en bajo % de dilución, menor % de producción de desmonte e incluso utilizar el mismo en relleno de tajeos, permitirá a los pequeños productores seguir el camino de la formalización.

Menor % Impacto Ambiental

La metodología presentada permite alcanzar altas productividades en vetas angostas, lo que significa menor dilución y producción de desmonte que aumenta la vida útil en relaveras y no se disturba nuevas áreas para el acopio de desmonteras y/o relaveras,

Aplicación en Pequeña Minería

Las estrategias explicadas permiten que la aplicación sea extensiva a pequeños productores mineros que hoy en día continúan con procesos unitarios rudimentarios e inusuales.

EQUIPO DE TRABAJO



Jairo Romero

Ingeniero de Producción
Compañía Minera Kolpa



Fernando Pajuelo

Gerente de Operaciones
Compañía Minera Kolpa





CONSTRUYENDO
JUNTOS UN
PERÚ MEJOR



FORO DE
TECNOLOGIA
INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD

