

# RECUPERACIÓN DE CHIMENEAS BAJO LA METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN DE PIQUES MINEROS

Rubén Vereau

## RESUMEN

El presente artículo, trata sobre las experiencias obtenidas durante la ejecución del proyecto “Sostenimiento de la Chimenea RB 121”, realizado en la Mina Animón (U.E.A. Chungar), de la Compañía Minera Chungar SAC, perteneciente al grupo Volcan Compañía Minera S.A.A.

Uno de los problemas que siempre existen en las labores subterráneas es el sostenimiento de la roca circundante. En algunas situaciones, la dificultad del autosostenimiento del terreno, implica aplicar sostenimiento artificial que ayude a mantener la estabilidad del macizo rocoso. Sin embargo, en terrenos muy complicados, se opta por hacer un *by pass* o de lo contrario, en chimeneas, se elige otra ubicación.

En el Perú y en el mundo en general, todas las empresas mineras subterráneas se ven obligadas a construir chimeneas como parte de su infraestructura. Cada chimenea se realiza con una finalidad distinta, por ejemplo, ventilación, cara libre para la explotación de bancos (*slots*), servicios, *ore / waste passes*, entre otros.

Las chimeneas pueden ejecutarse de forma convencional o mecanizada; sin embargo, por ser un trabajo de alto riesgo, se ejecuta mayormente de manera mecanizada cuando las alturas son mayores a 30 – 40 metros.

En algunos procedimientos mecanizados, sostener la chimenea es un trabajo que resulta con costos excesivos por la tecnología que está envuelta en el proceso; por tal motivo, se trata de ubicar la chimenea en tipos de roca que permitan el autosostenimiento sin necesidad de reforzamiento adicional (caso de las chimeneas que se ejecutan a través del *Raise Borer Machine*).

A pesar que se hacen los esfuerzos para evitar ubicar la chimenea (Caso *Raise Borer Machine* – RB) en zonas donde no se pueda auto soportar sin refuerzo adicional, las grandes alturas de ésta hacen que no se pueda identificar adecuadamente el tipo de roca y una vez ejecutada la chimenea, se encuentra el problema que existen posibles derrumbes. En varios casos, se realiza una evaluación geomecánica con un taladro diamantino que no identifica exactamente las fallas y fisuras que puedan existir a lo largo de la chimenea. En estos casos, se debe de construir otra chimenea, porque se puede perder la ejecutada (derrumbe).

La ubicación de las chimeneas depende de la necesidad, siendo en algunos casos, una posición que no puede variar; razón por la cual debe hacerse todo lo necesario para que esa infraestructura se mantenga en la ubicación definida (Ejemplo: Chimeneas principales de ventilación).

Para estos casos, cuando no es una posibilidad perder la chimenea, se aplican Sostenimiento de Chimeneas a través de Ingeniería de Profundización, que ha sido desarrollada a través de profesionales peruanos con estándares internacionales de Seguridad y empleando alta tecnología.

## 1. ANTECEDENTES

La mina Animón, de la U.E.A. Chungar, perteneciente a la Compañía Minera Volcan S.A.A., se encuentra ubicada en 314 km de la ciudad de Lima a una altura promedio de 4 600 m.s.n.m. en el departamento de Pasco.

En Animón existe una chimenea que fue ejecutada mediante el procedimiento de *Raise Borer Machine* (desde superficie), la cual está identificada como RB 121, con una altura de 409 metros, un diámetro de 3.10 metros y 1° de desviación.

La chimenea RB 121, ha sido evaluada geomecánicamente mediante un taladro diamantino, que fue realizado cuando se encontraba en proceso de ejecución del piloto de la chimenea. En ese taladro y evaluación geomecánica se identificó que tiene un 22% (90 m.) de roca desfavorable (con tramos de roca mala y muy mala); los cuales no son continuos y se encuentran distribuidos en distintas cotas de la chimenea.

Algunos de los tipos de roca que se reconoce son marga roja, marga gris y marga gris cloritizada con valores de RMR entre 20 y 40; se describe como roca fracturada a muy fracturada, de resistencia moderada que se estimada que está en el rango de 25 a 50 MPa (se rompe fácilmente con un golpe fuerte de la picota).

Con lo encontrado en la evaluación geomecánica, se requiere reforzar los tramos de mala calidad de roca y minimizar el riesgo de pérdida de la chimenea por ser parte del circuito principal de ventilación de Animón.

## 2. NECESIDAD DE ANIMÓN (U.E.A. CHUNGAR)

Como consecuencia de la evaluación geomecánica del taladro diamantino, se identificó que la chimenea RB 121 tiene 90 metros (22%) de roca con mala y muy mala calidad, que se encuentran identificadas de la siguiente manera:

- Roca de Mala Calidad: 66.9 metros
- Roca de Muy Mala Calidad: 27.6 metros

Como parte de la evaluación geomecánica realizada por Chungar (VCM), se recomendó un tipo de sostenimiento para la roca de mala y de muy mala calidad, que consiste de la siguiente manera:

- Roca de Mala Calidad: Sostenimiento con Malla Eslabonada y Perno Hydrabolt de 5 pies a 1.5 metros de espaciamiento
- Roca de Muy Mala Calidad: Sostenimiento con Shotcrete de 2" y Perno Hydrabolt de 5 pies a 1.5 metros de espaciamiento.

La necesidad de Chungar era encontrar una empresa especialista en poder aplicar el sostenimiento recomendado en los tramos encontrados (por lo menos) con precios que no compliquen el valor de infraestructura y que se priorice la SEGURIDAD.

## 3. ALTERNATIVAS A EVALUAR

La U.E.A. Chungar, evaluó varias alternativas para el sostenimiento. Los procedimientos a evaluar fueron los siguientes:

1. Raise Climber Invertido (Alimak):

Procedimiento con equipo Raise Climber que ha sido utilizado anteriormente en otras operaciones, sin embargo, no se pudo sustentar algunos calculos que se necesitaron para Seguridad.

2. Procedimiento Convencional con un contratista local:

Método dónde el personal utilizaría equipos del contratista sin calculos que respalden la Seguridad al transporter y tener al personal suspendido.

3. Procedimiento mediante una empresa que realice Ingeniería de Profundización:

En esta opción, se solicitó que la empresa especialista, mediante su departamento de

Ingeniería prepare un procedimiento con calculos que sustenten que se puede transporter al personal y mantenerlo suspendido para realizar los trabajos solicitados.

Chungar optó por la alternativa de elegir el procedimiento con una empresa especialista en Ingeniería de Profundización.

Para evaluar a la empresa, analizaron el historial de la empresa y los trabajos que ha realizado con respecto a Ingeniería.

## 4. EMPRESA EXPERTA EN INGENIERÍA DE PROFUNDIZACIÓN

Chungar evaluó una empresa que ha realizado Ingeniería de Profundización para Sistemas Integrales de Izaje (Piques Mineros) con alturas de hasta 1000 metros.

Otro de los factores que influyó en la decisión de Chungar fue que la empresa elegida ha desarrollado Supervisión y Construcción de Piques Mineros; por lo tanto, cumplía con los requisitos que necesitaba para garantizar la Seguridad de su proyecto.

La empresa elegida, demostró haber realizado Diseños de equipos propios e Ingeniería para profundizar y construir Piques, trasladar personal a distintos niveles y mantener al equipo humano suspendido a alturas mayores de 500 metros durante la construcción del Sistema de Izaje Integral (Pique Minero).

Por tal motivo, la empresa elegida, estaba obligada a utilizar estándares internacionales de Seguridad y no sólo los reglamentos nacionales que en algunos puntos deja vacíos que se necesita rellenar con las normas y estándares de otros países.

Estos fueron los criterios utilizados por el departamento de Contratos y la parte técnica de Volcan Compañía Minera (VCM) y Chungar respectivamente.

## 5. INGENIERÍA DE PROFUNDIZACIÓN

La Ingeniería de Profundización fue presentada, sustentada y aprobada por Chungar. En el diseño inicial, se elaboró un procedimiento, donde se presentó una metodología descendente, en la cual el personal ejecutaría el sostenimiento dentro de una plataforma o *galloway* de tres pisos, la cual quedaría suspendida por medio de dos Winches, los cuales, deberían ser calculados para mantener los factores de seguridad de transporte de personal sobre 8.

El personal bajaría desde superficie hasta el Galloway o plataforma de trabajo a través de un

balde para personal. El balde de personal descendería por medio de una cruceta que utilizaría los cables de los Winches que suspenden al Galloway como cables guía para mantener la Seguridad del personal (equipos y/o suministros) y que no se produzca el “vaivén” del balde a la hora de movilizarse.

De la misma forma que el Galloway, el balde estará izado por un winche que cumpla los factores de seguridad necesarios para transportar personal.

En la Ingeniería de Profundización se elaboró los planos y memorias de cálculo correspondientes para garantizar que el diseño cumpla con las normas internacionales de transporte de personal y se garantice la Seguridad.

Se elaboraron los siguientes planos:

- Planos de Ubicación: 02
- Planos Civiles: 04
- Planos de Estructuras Metálicas: 08
- Memorias de Cálculo: 03
- Estudio de Selección de Winche: 02
- Procedimiento de Trabajo: 01

Después de realizado el Estudio de Selección de Equipos (Winche a utilizar); con el objetivo de reducir costos, Chungar solicitó utilizar sus equipos (Winches) que han sido aprovechados en otros proyectos de construcción de Sistemas de Izaje.

Por lo tanto, se utilizaron los Winches de Chungar y se procedió con la Re-Ingeniería para reducir los costos del proyecto.

Se realizó lo mismo con el balde para transporte de personal.

La Cruceta, Castillo, Galloway y otros accesorios para el Sistema, fueron fabricados exclusivamente para el proyecto.

## **6. SECUENCIA DE ACTIVIDADES Y CRONOGRAMA**

El proyecto tuvo una duración de 5 meses. Las actividades que se desarrollaron fueron las siguientes:

1. Ingeniería de Profundización
2. Movimiento de Tierras
3. Fabricación de Estructuras Metálicas
4. Obras Civiles

5. Montaje de Equipos y Estructuras Metálicas

6. Sostenimiento de la Chimenea RB 121

Varias de las actividades se desarrollaron en paralelo con el objetivo de reducir los tiempos.

Algunos de las actividades realizadas en conjunto fueron:

Durante Ingeniería de Profundización se desarrolló:

- Movimiento de Tierras
- Fabricación de Estructuras

Durante el periodo de Fabricación de Estructuras Metálicas se ejecutaron:

- Obras Civiles

Una vez terminadas las Obras Civiles, se montaron las Estructuras Metálicas, se montaron los Winches y después se ejecutó el Sostenimiento.

## **7. EJECUCIÓN DEL TRABAJO**

La ejecución del sostenimiento tuvo una duración de 2 meses y medio. El sostenimiento inicial planificado correspondía a un 23% (94.50 m.) con respecto al total de la chimenea (409 m.); sin embargo, la ejecución fue diferente, debido al mapeo geomecánico realizado en el interior de la chimenea (a través de la plataforma).

En el mapeo inicial (taladro diamantino) se encontró que se tendría roca mala y muy mala por sostener; no obstante, en el mapeo geomecánico realizado desde el interior de la chimenea, se encontraron tres tipos de roca que se necesitaban sostener, las cuales tenía la siguiente altura:

- Roca Muy Mala – 18 metros
- Roca Mala – 25.50 metros
- Roca Regular B – 203.50 metros

El total del trabajo se realizó en 385 metros de chimenea y no en los 409 metros, porque en la cota + 385, se tenía una labor de acceso desde la cual se pudo verificar que los 24 metros inferiores (para llegar a los 409 metros) no necesitaban sostenimiento.

Como resultado del sostenimiento versus el planteamiento inicial se tuvo el siguiente resumen:

Descripción	Inicio		Final	
Regular A	-	-	138.00 m.	34%
Regular B	-	-	203.50 m.	50%
Mala	66.90 m.	16%	25.50 m.	6%
Muy Mala	27.60 m.	7%	18.00 m.	4%

Nota: la roca Regular A, no necesitó sostenimiento según la recomendación geomecánica de Chungar.

El tipo de sostenimiento aplicado por calidad de roca según Geomecánica Chungar y respaldado con el especialista geomecánico fue el siguiente:

- Roca Regular A: no necesita Sostenimiento de refuerzo
- Roca Regular B: Perno Hydrabolt de 5 pies, con espaciamiento a 1.5 metros y con malla Eslabonada.
- Roca Mala: Perno Hydrabolt de 5 pies, con espaciamiento a 1.5 metros y con malla Eslabonada.
- Roca Muy Mala: Perno Hydrabolt de 5 pies, con espaciamiento a 1.5 metros, malla Eslabonada y una capa de 2 pulgadas de shotcrete.

La aplicación del shotcrete fue vía húmeda y la mezcla fue diseñada para poder ser transportada por tubería, la cual fue instalada durante el descenso con la plataforma, sin sufrir segregación.

Los rendimientos que se tuvieron durante la ejecución del trabajo fueron los siguientes:

- Shotcrete 2 Pulgadas: 40 m<sup>2</sup> por hora. Dependía de los 4 m<sup>3</sup> por hora (según disponibilidad del Mixer) que fueron abastecidos.
- Perno Hydrabolt de 5 pies: se tuvo un rendimiento aproximado de 35 – 45 pernos por guardia a una profundidad promedio de 200 metros.
- Malla Eslabonada: 30 – 45 m<sup>2</sup> de malla por guardia a una altura promedio de 200 metros

Chungar tiene con un sistema de trabajo atípico con 2 guardias por día.

Durante la ejecución del sostenimiento se realizó el mapeo geomecánico de la chimenea, encontrándose el siguiente resultado:

RB. 121	RMR	Calidad	PROFUNDIDAD	
			Desde	Hasta
	9	Muy Mala	0.00	1.50
	18	Muy Mala	1.50	5.50
	14	Muy Mala	5.50	18.00
	25	Mala	18.00	20.00
	41	Regular B	20.00	22.00
	45	Regular B	22.00	37.00
	41	Regular B	37.00	43.00
	45	Regular B	43.00	90.00
	48	Regular B	90.00	98.00
	55	Regular A	98.00	125.00
	45	Regular B	125.00	128.00
	53	Regular A	128.00	138.00
	48	Regular B	138.00	142.00
	51	Regular A	142.00	150.00
	40	Regular B	150.00	157.60
	42	Regular B	157.60	160.00
	55	Regular A	160.00	180.00
	35	Mala	180.00	185.00
	43	Regular B	185.00	197.00
	36	Mala	197.00	200.00
	45	Regular B	200.00	211.00
	52	Regular A	211.00	225.00
	36	Mala	225.00	227.50
	46	Regular B	227.50	230.00
	56	Regular A	230.00	255.00
	46	Regular B	255.00	260.00
	58	Regular A	260.00	270.00
	45	Regular B	270.00	275.00
	55	Regular A	275.00	284.00
	43	Regular B	284.00	292.00
	36	Mala	292.00	300.00
	35	Mala	300.00	305.00
	43	Regular B	305.00	324.00
	57	Regular A	324.00	339.00
	42	Regular B	339.00	350.00
	48	Regular B	350.00	385.00

El procedimiento de trabajo realizado para el sostenimiento de la chimenea fue el siguiente:

- Se tuvo que rediseñar la ingeniería, adaptándola con los winches Timberland que Volcan CIA Minera posee y utilizarlos en esta operación. Con esa adaptación se redujo significativamente el costo del Sostenimiento.

- Se diseñó un Galloway o Plataforma de trabajos de 3 pisos. En el primer piso, se contaba con pistones para sujetarse en la roca y que no ocurra movimiento cuando se realiza la operación de perforación. Este piso fue utilizado para perforar. El Segundo piso fue utilizado para aplicación de shotcrete (con la mezcla específica para el traslado por tubería sin producir segregación) y el 3er piso era el guarda-cabeza del personal.
- El personal bajaba desde superficie a través del balde para personal, el cual se soportaba en una cruceta que utilizaba los cables del galloway con cables guía.
- Con este procedimiento de transporte, se tenía dos rutas de escape para cualquier emergencia. El balde de personal y el galloway.
- Se tuvo un grupo electrógeno en caso de corte de energía en la Unidad Minera y que el personal se encuentre realizando trabajos de Sostentamiento en la chimenea. El grupo electrógeno serviría para alimentar a los winches y poder retirar al personal.
- Se utilizó un tapón de seguridad en la boca del RB para evitar cualquier caída.
- Los factores de seguridad utilizados fueron los que se utilizan según la norma canadiense con respecto a la construcción de piques en transporte de personal. El Castillo tuvo un factor de seguridad mayor a 7 y el galloway un factor de seguridad mayor a 8.
- El Castillo tuvo una altura de 12 metros y en la parte superior se ubicaron las poleas para los tres winches. Dos winches era para el galloway o plataforma de trabajos y el otro winche era para el balde de personal.

## 8. PROBLEMA ENCONTRADO

La chimenea RB 121, es una chimenea de 409 metros de altura con una desviación de 1°. Esa “pequeña” desviación produce un desplazamiento de aproximadamente 7 metros entre la cabeza del RB y el piso.

Por ese motivo, durante la ejecución de la Ingeniería se ubicaron los Winches en una posición que se encuentre en la misma dirección de la recta de máxima pendiente de la chimenea y evitar así un giro de la plataforma que podría resultar riesgoso para el personal.

La ubicación encontrada para los Winches estaba en una zona que requería gran cantidad de excavación y por lo tanto, se tendría un exceso en el costo. Por ese motivo, se solicitó encontrar la mejor solución a la posición donde se podría ubicar los Winches y ver la mejor forma de minimizar el riesgo del giro del galloway.

Al encontrarnos con ese problema, se diseñó un patín que permitiría que el galloway a una altura de 54 metros pudiera girar y minimizar el riesgo a un punto que sea controlable.

El diseño del Galloway contempló el uso del patín mencionado, haciendo que la estructura pueda girar sin producir “golpes” algún tipo de estancamiento en la roca por el problema de desviación de 1° en la chimenea de 409 metros de altura.

## 9. EQUIPO HUMANO

El equipo humano para la ejecución del proyecto tuvo una interrelación con Chungar en los aspectos operativos y de Seguridad.

En la parte operativa indirecta, se tuvieron supervisores de Minería, Seguridad, Administración y la Gerencia de Construcción.

Los supervisores y personal operativo indirecto mantuvieron una comunicación constante con la oficina central de Ingeniería, la Gerencia de Operaciones y la Gerencia General por tratarse de un proyecto de alto riesgo y por ser de primera aplicación con ese procedimiento.

El equipo operativo directo corresponde a personal técnico con experiencia en construcción y/o profundización de Piques. Se utilizó al personal con especialidad en profundización de Piques, operación de Winches, timbreros, soldadores/mecánicos de piques y electricistas. Todo el personal operativo directo utilizó los estándares internacionales (Canadienses, Australianos y Estado Unidenses) que se usan en la construcción de Piques.

## **10.CONCLUSIONES**

El presente artículo se ha desarrollado, tomando como base el trabajo ejecutado en Chungar al sostener la Chimenea RB 121 que es parte del circuito principal de ventilación de la mina.

La ejecución del proyecto en mención tuvo las siguientes conclusiones:

- La evaluación Geomecánica inicial elaborada con el taladro diamantinó fue diferente a la evaluación Geomecánica final que se desarrolló durante la ejecución del Sosténimiento.
- La importancia de utilizar estándares internacionales de Seguridad en el transporte y suspensión de personal. Las normative peruana no toma en consideración esa actividad.
- El diseño de una mezcla exclusiva para el transporte por tubería a grandes alturas sin sufrir segregación.
- La Importancia de realizar Ingeniería para los procedimientos a utilizar y similar la situaciones en la cuál se puede ver envuelto el personal; por ejemplo, el giro inesperado por la recta de máxima pendiente.

## **11.RECOMENDACIONES**

El resultado de las operaciones desarrolladas arrojó las siguientes recomendaciones:

- Los trabajos de alto riesgo deben de ejecutarse con Ingeniería de respaldo para minimizar los riesgos.
- Utilizar empresa nacionales para el desarrollo de Ingeniería y/o re ingeniería para reducir los costos.



# RECUPERACIÓN DE CHIMENEAS

Rubén Vereau

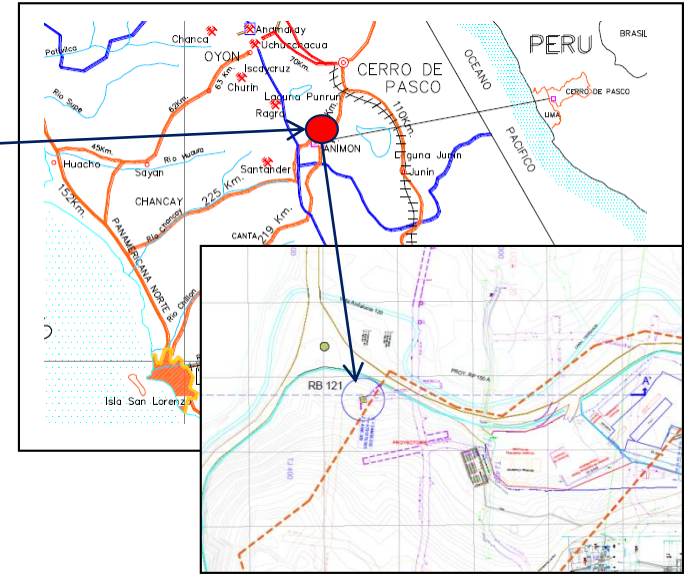
# CONTENIDO

1. ANTECEDENTES
2. NECESIDAD DE ANIMÓN – CIA. MINERA CHUNGAR SAC
3. ALTERNATIVAS A EVALUAR
4. INGENIERÍA DE PROFUNDIZACIÓN
5. SECUENCIA DE ACTIVIDADES
6. CRONOGRAMA DE TRABAJO
7. EJECUCIÓN DEL TRABAJO
8. EQUIPO HUMANO
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
10. GALERÍA FOTOGRÁFICA

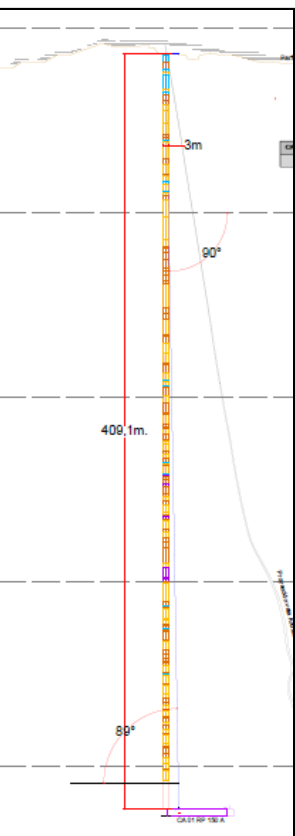


# ANTECEDENTES

## UBICACIÓN DEL PROYECTO:



### RB 121

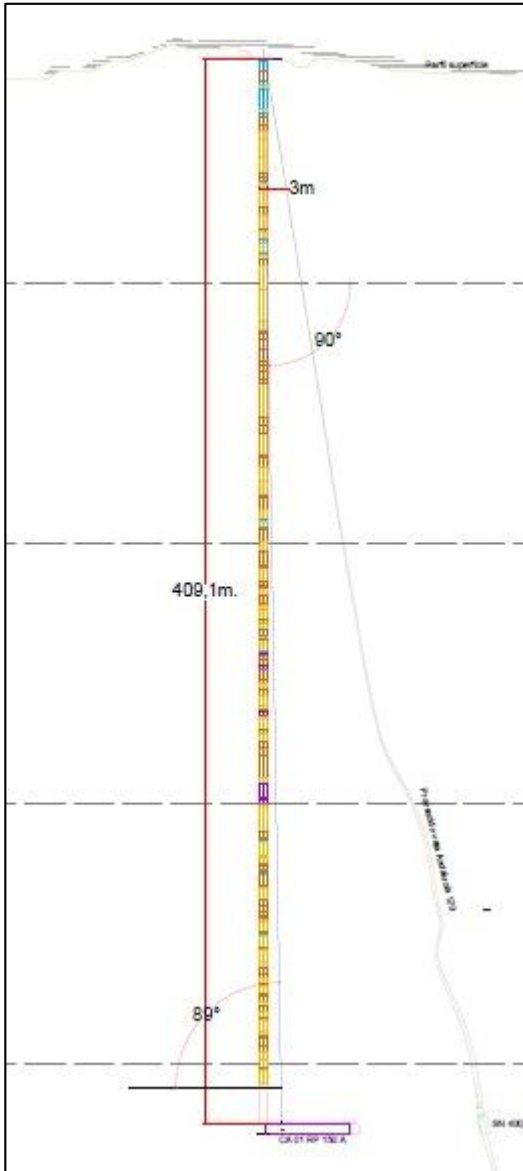


Chimenea del Circuito Principal de Ventilación

Altura de la Chimenea	409 m.
Diámetro de la Chimenea	3.10 m.
Desviación de la Chimenea	1°
Cabeza de la Chimenea	Superficie
Tramos con roca mala y muy mala	22 % Aprox. (90 m.)

Se requiere reforzar los tramos de baja calidad de roca de la chimenea

# NECESIDAD DE ANIMÓN



Calidad de Roca	
RMR	Tipo de Roca
100 - 81	I - Muy Buena
80 - 61	II - Buena
60 - 51	III - Regular A
50 - 41	III - Regular B
40 - 21	IV - Mala
20 - 0	V - Muy Mala

Según sondaje Diamantino  
Se tiene la siguiente información:

Mala Roca	66.90 m.
Muy Mala Roca	27.60 m.

**Recomendación Geomecánica de Animón:**

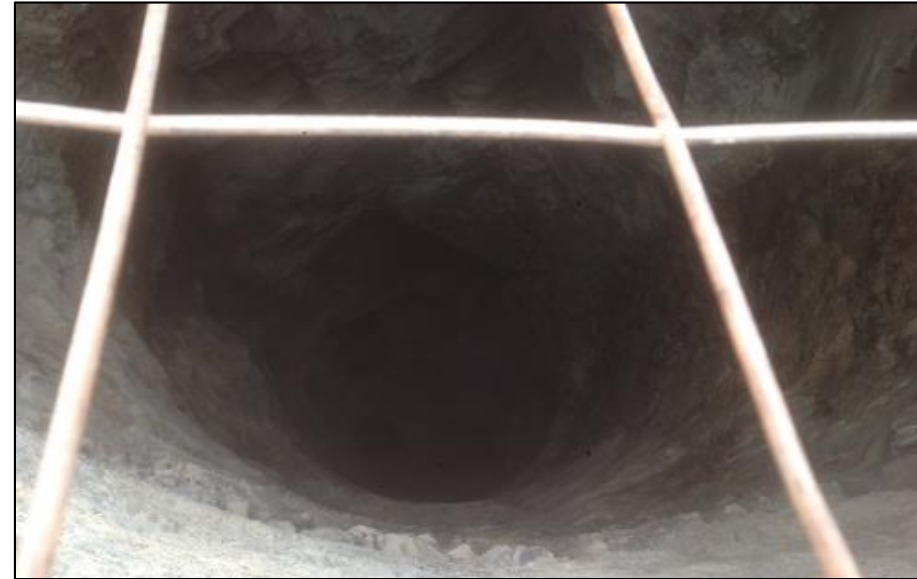
Mala Roca	Malla Eslabonada + Perno Hydrabolt 5'
Muy Mala Roca	Shotcrete de 2" + Perno Hydrabolt 5'

**Necesidad:**

Empresa especialista para  
Sostener la Chimenea RB

# ALTERNATIVAS A EVALUAR

## Situación Inicial:



**CHIMENEA de 409 metros de altura y 3.1 metros de diámetro con un mínimo de 95 metros que necesita aplicación de sostenimiento de refuerzo**

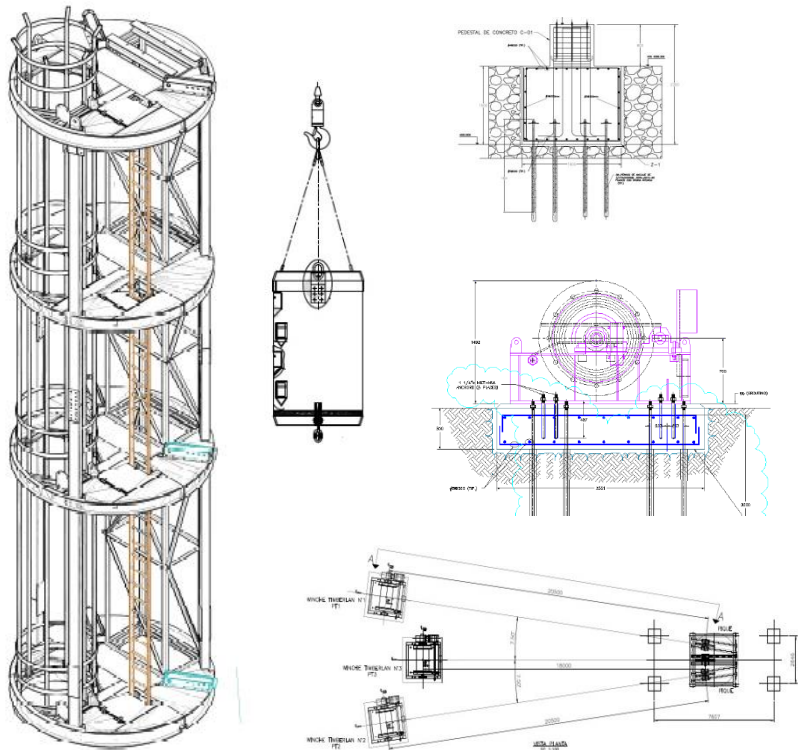
## Alternativas a evaluar:

1. *Raise Climber invertido (Alimak)*
2. *Procedimiento convencional*
3. *Empresa experta en Ingeniería de Profundización con estándares internacionales de Seguridad*

# EXPERTOS EN INGENIERÍA DE PROFUNDIZACIÓN

## DISEÑOS:

PRIORIZANDO LA SEGURIDAD



## EJECUCIÓN



**EXPERIENCIA EN INGENIERÍA DE PROFUNDIZACIÓN  
CON ESTÁNDARES INTERNACIONALES DE SEGURIDAD**

# INGENIERÍA DE PROFUNDIZACIÓN

Necesidad del Cliente (VCM)

Procedimiento

Equipo a Utilizar (Winche)

Cómo reducir costos?

NO

~~Equipo del Especialista~~

F.S. > 7 (Castillo Metálico)  
F.S. > 8 (Galloway)

SÍ

Equipos Usados (VCM)

Adaptación la Ingeniería al Equipo a utilizar

Ejecución

Con el objetivo de trabajar en conjunto, se evaluó utilizar los equipos usados, que son propiedad de VCM para reducir los costos del servicio.

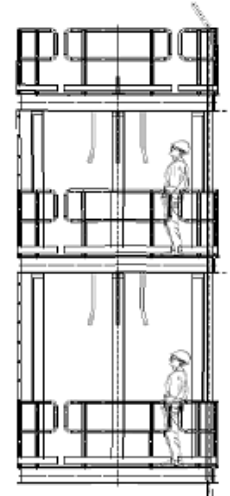
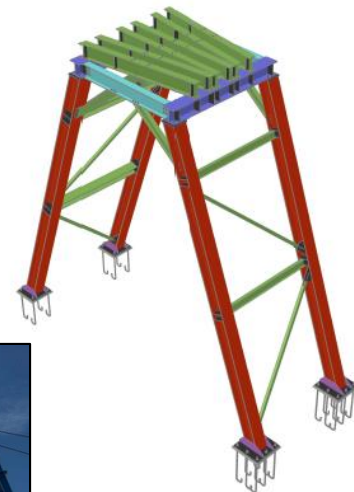
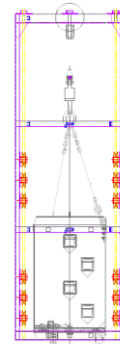
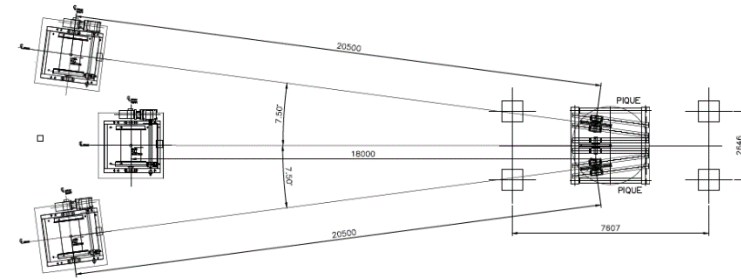
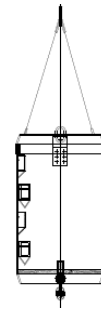
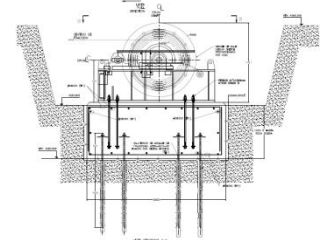
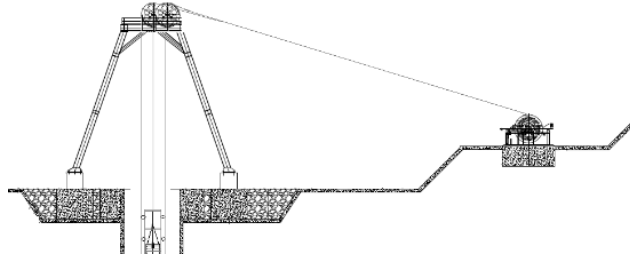
Por lo tanto

- Se utilizaron los Winches Timberland de VCM y no los Winches de propiedad del Especialista
- También se utilizó el balde y accesorios de VCM

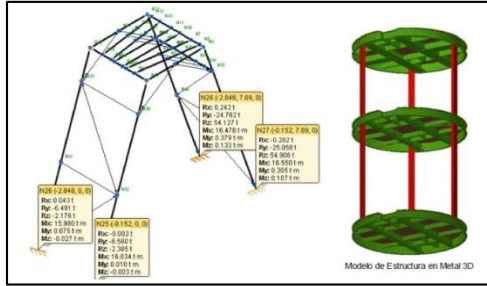
# INGENIERÍA DE PROFUNDIZACIÓN

## DESARROLLO DE LA INGENIERÍA DE PROFUNDIZACIÓN:

1. Cálculo del Winche a utilizar
2. Cálculo del Balde (Transporte de Personal)
3. Planos del Balde y Cruceta
4. Plano de Ubicación de los Winches
5. Planos de Cimentación de los Winches
6. Memoria de Cálculo del Castillo
7. Planos de Estruc. Metálicas del Castillo
8. Plano de Cimentación del Castillo
9. Memoria de Cálculo del Galloway
10. Planos de Estruc. Metálicas del Galloway
11. Procedimientos de Trabajo



# SECUENCIA DE ACTIVIDADES



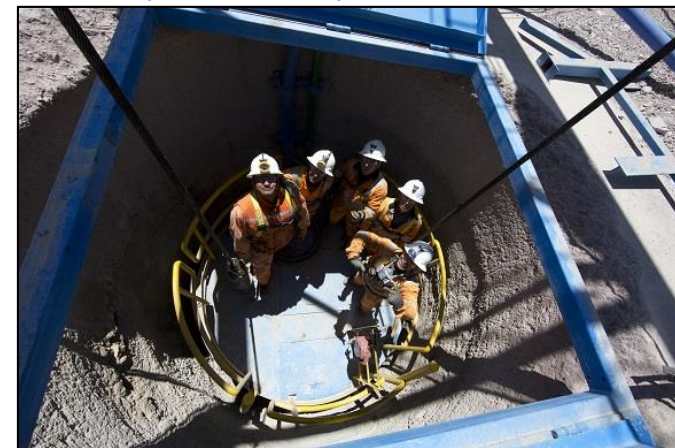
**Fabricación de Estructuras Metálicas**



**Montaje de Equipos y Estructuras**



**Sostenimiento de Chimenea RB 121**



**Obras Civiles (2 Semanas)**



**Movimiento de Tierras**  
(3 Semanas)



**Ingeniería de Profundización**

(6 Semanas)

(5 Semanas)

(2 Semanas)

(10 Semanas)

Meses

1

2

3

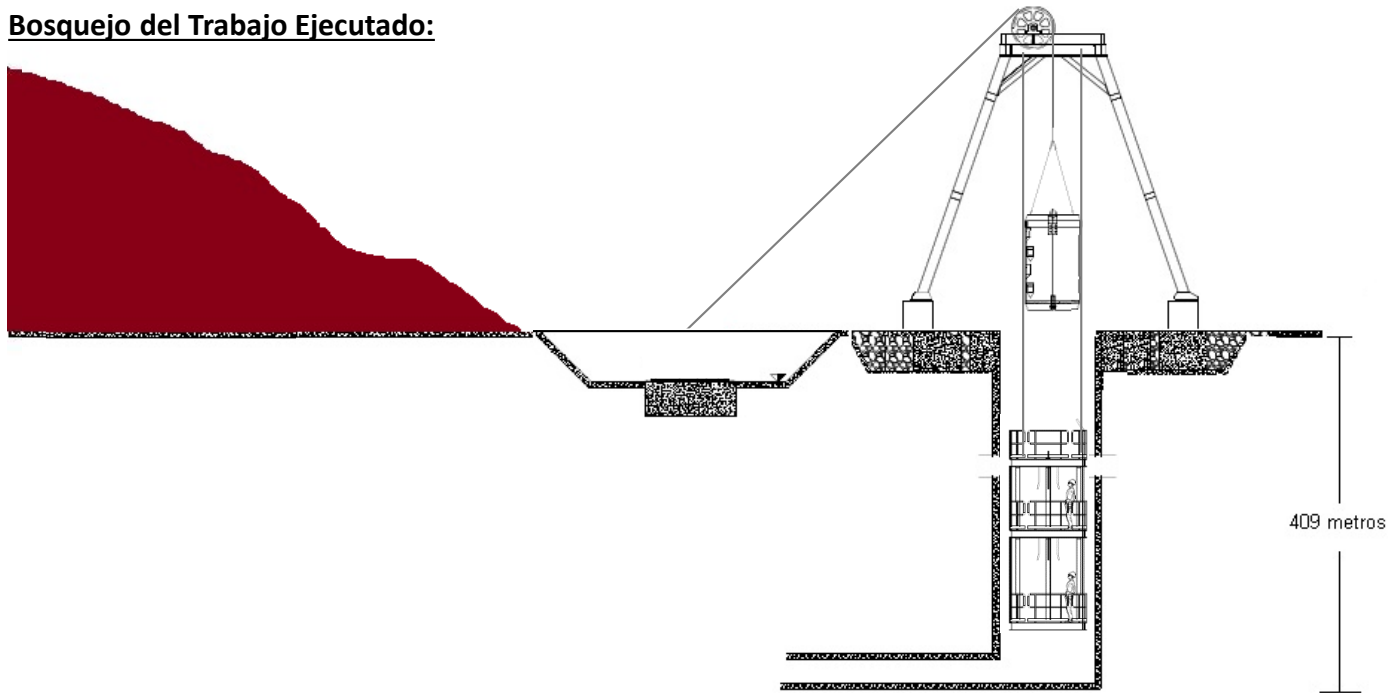
4

5

# CRONOGRAMA DE TRABAJO

N°	Descripción	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
1	Ingeniería de Profundización	■				■															
2	Movimiento de Tierras					■															
3	Fabricación de Estructuras Metálicas					■				■											
4	Trazos, Replanteos y Obras Civiles									■											
5	Montaje de Estructuras Metálicas y Winches									■											
6	Ejecución del Sostenimiento Especializado													■				■			

## Bosquejo del Trabajo Ejecutado:



■ Ejecutado por Especialista  
 ■ Ejecutado por CMCH

### NOTA:

- El objetivo del bosquejo es ilustrativo. El desarrollo real de los trabajos tiene mayores detalles.
- El bosquejo no está realizado a escala.





# EJECUCIÓN DEL TRABAJO

## EJECUTADO – MAPEO GEOMECÁNICO

Descripción	Inicio		Final		Observación
Regular A	-	-	138.00 m.	34%	Sin Sostenimiento
Regular B	-	-	203.50 m.	50%	Sostenimiento
Mala	66.90 m.	16%	25.50 m.	6%	Sostenimiento
Muy Mala	27.60 m.	7%	18.00 m.	4%	Sostenimiento

Total Ch.	Inspeccionado	Sostenido	Sin Sostener
409 m.	385.00 m.	247.00 m.	138.00 m.
	94%	60%	34%

## SOSTENIMIENTO APLICADO – RECOMENDACIÓN DE GEOMECÁNICA

Tipo de Roca	Sostenimiento Aplicado	Altura
Regular B	Perno <i>Hydrabolt</i> de 5 Pies + Malla Eslabonada	203 metros
Mala	Perno <i>Hydrabolt</i> de 5 Pies + Malla Eslabonada	25.50 metros
Muy Mala	Perno <i>Hydrabolt</i> de 5 Pies + Malla Eslabonada + Shotcrete de 2"	18 metros

# EJECUCIÓN DEL TRABAJO

## MAPEO GEOMECÁNICO

PROFUNDIDAD	LONGITUD	DESCRIPCION	CALIFICACION GEOMECANICA			TIPO DE SOSTENIMIENTO	AREA	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO NECESARIO		
			Categoría (m)	Tip de Roca	Intensidad					
0.00	0.00	1.50	1.50	Catamiento Monocivo	0	May Mala	V	Concreto armado	14.70 m <sup>2</sup>	Losa de concreto, collar de RB
6.00	1.50	6.00	4.00	Marga gris con fuerte alteración argílica Marga roja con presencia ligera Rocas sueltas en pequeña proporción Perímetro promedio RD, 6.00 m	15	May Mala	V	1-1" Capa de shotcrete con espesor de 2" 2- Malla electrodoada de 3x3" 3- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts. 4- 2" Capa de shotcrete con espesor de 1" (Aprobado por Geomecánica de Volcán)	36.20 m <sup>2</sup>	Shotcrete con e + 2", 36.20 m <sup>2</sup> Malla electrodoada, 36.20 m <sup>2</sup> Perno hidráulico de 5", 35.00 und. Shotcrete con e + 1", 36.20 m <sup>2</sup> Shotcrete total = 5.00 m <sup>3</sup> , fact. de apl. 11/2)
16.00	6.50	16.00	12.50	Marga gris con fuerte alteración argílica Marga roja con fuerte alteración argílica Fractamiento de rocas en tipo caña Ampliación del diámetro de la RD Perímetro promedio RD, 12.00 m Proporción de abertura, máx 25 %	14	May Mala	V	1-1" Capa de shotcrete con espesor de 2" 2- Malla electrodoada de 3x3" 3- Perno hidráulico de 7 pies a 1.20 mts. 4- 2" Capa de shotcrete con espesor de 2" (Aprobado por Geomecánica de Volcán)	150.00 m <sup>2</sup>	Shotcrete con e + 2", 150.00 m <sup>2</sup> Malla electrodoada, 150.00 m <sup>2</sup> Perno Hidráulico de 5", 7.00 und. Perno Hidráulico de 7", 70.00 und. Shotcrete con e + 2", 150.00 m <sup>2</sup> Shotcrete total = 25.00 m <sup>3</sup> , fact. de apl. 11/2)
20.00	16.00	20.00	2.00	Marga gris con moderada alteración	25	Muy A	IV	1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts. 3- Capa de shotcrete con e + 2", sobre malla	19.80 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada, 19.80 m <sup>2</sup> Perno Hidráulico de 5", 14.00 und. Shotcrete con e + 2", 19.80 m <sup>2</sup>
22.00	20.00	22.00	2.00	Marga gris con ligera alteración en partes Perímetro promedio RD, 6.00 m	41	Regular B	III B	Sostenimiento puntual con malla y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	19.80 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada, 10 a 12 m <sup>2</sup> Perno Hidráulico de 5", 9 a 10.00 und.
37.00	22.00	37.00	15.00	Marga gris con ligera alteración argílica Marga Roja con ligera alteración argílica Perímetro promedio RD, 6.00 m	45	Regular B	III B	Sostenimiento puntual con malla y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	147.00 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada 45 % de superficie Perno Hidráulico de 5", 40 % de superficie
43.00	37.00	43.00	6.00	Marga gris con ligera alteración en partes Perímetro promedio RD, 6.00 m	41	Regular B	III B	Sostenimiento sistemático con mallas y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	58.80 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada, 58.80 m <sup>2</sup> Perno Hidráulico de 5", 35.00 und.
90.00	43.00	90.00	47.00	Marga Roja con ligera alteración argílica Marga Roja con ligera a moderada alteración argílica Marga roja con intercalación de marga gris tramos alterada Marga roja muy altera, venillas de caliza moderadamente fracturas Perímetro promedio RD, 6.00 m	45	Regular B	III B	Sostenimiento puntual con malla y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	480.00 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada, 80.00 % de superficie Perno Hidráulico de 5", 70.00 % de superficie
90.00	90.00	90.00	9.00	Marga gris con ligera alteración en partes Marga Roja con ligera alteración argílica Perímetro promedio RD, 6.00 m	40	Regular B	III A	Sostenimiento puntual con malla y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" - Vertical 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	73.40 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada, 19.20 m <sup>2</sup> Perno Hidráulico de 5", 16.00 und.
125.00	90.00	125.00	27.00	Intercalación de marga roja con gris verdosa Marga Roja con ligera alteración argílica Perímetro promedio RD, 6.00 m	55	Regular A	III A	No se requiere sostenimiento	73.40 m <sup>2</sup>	
128.00	125.00	128.00	3.00	Marga Roja con ligera alteración argílica Perímetro promedio RD, 6.00 m	45	Regular B	III B	Sostenimiento puntual con malla y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" - Vertical 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	73.40 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada 40 % de superficie Perno Hidráulico de 5", 40 % de superficie
130.00	128.00	130.00	10.00	Marga roja con ligera intercalación de marga gta, venillas finas de carbonato Perímetro promedio RD, 6.00 m	53	Regular A	III A	No se requiere sostenimiento	36.20 m <sup>2</sup>	
142.00	138.00	142.00	4.00	Marga Roja con ligera alteración argílica Perímetro promedio RD, 6.00 m	40	Regular B	III B	Sostenimiento puntual con malla y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" - Vertical 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	73.40 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada, 6.00 m <sup>2</sup> Perno Hidráulico de 5", 8.00 und.
150.00	142.00	150.00	8.00	Marga gris con ligera alteración en partes Marga Roja con ligera alteración argílica Perímetro promedio RD, 6.00 m	51	Regular A	III A	No se requiere sostenimiento	49.00 m <sup>2</sup>	
157.00	150.00	157.00	7.00	Marga roja con opacidad melosa de caliza, sacca, venilla fina de carbonato Perímetro promedio RD, 6.00 m	40	Regular B	III B	Sostenimiento puntual con malla y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" - Vertical 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	25.40 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada 20 % de superficie Perno Hidráulico de 5", 25 % de superficie
180.00	157.00	180.00	2.40	Marga gris con ligera alteración en partes Perímetro promedio RD, 6.00 m	42	Regular B	III B	Sostenimiento puntual con malla y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	23.52 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada 40 % de superficie Perno Hidráulico de 5", 40 % de superficie
190.00	190.00	190.00	20.00	Marga roja, ligera presencia de opacidades Marga roja con venillas de carbonato Marga roja con presencia de opacidades Perímetro promedio RD, 6.00 m	55	Regular A	III A	No se requiere sostenimiento	196.00 m <sup>2</sup>	
185.00	190.00	185.00	5.00	Marga Roja con pernos y opacidades de corta, ligamente fracturado Perímetro promedio RD, 6.00 m	35	Muy A	IV	Sostenimiento sistemático con mallas y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	49.00 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada, 49.00 m <sup>2</sup> Perno Hidráulico de 5", 28.00 und.
197.00	185.00	197.00	12.00	Marga roja con opacidades de doña, venillas de carbonato y remanente de marga gris Marga roja ligamente fracturada Perímetro promedio RD, 6.00 m	43	Regular B	III B	Sostenimiento puntual con malla y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	117.60 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada 30 % de superficie Perno Hidráulico de 5", 30 % de superficie
200.00	197.00	200.00	3.00	Marga gris verdosa con venillas de caliza ligamente alterada Perímetro promedio RD, 6.00 m	36	Muy A	IV	Sostenimiento sistemático con mallas y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	29.40 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada, 29.40 m <sup>2</sup> Perno Hidráulico de 5", 21.00 und.

211.00	200.00	211.00	11.00	Marga gris verdosa con venilla de carbonato Marga roja con venilla de carbonato, fracturada Marga Roja con ligera alteración argílica Perímetro promedio RD, 6.00 m	45	Regular B	III B	Sostenimiento puntual con malla y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	107.00 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada, 30.00 m <sup>2</sup> Perno Hidráulico de 5", 20.00 und.
225.00	211.00	225.00	14.00	Marga Roja con ligera alteración argílica Marga roja con venillas de carbonato y corta, ligamente fracturado Perímetro promedio RD, 6.00 m	52	Regular A	III A	No se requiere sostenimiento	137.20 m <sup>2</sup>	
227.50	225.00	227.50	2.50	Marga roja filtrada Perímetro promedio RD, 6.00 m	30	Muy A	IV	Sostenimiento sistemático con mallas y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	24.50 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada, 24.50 m <sup>2</sup> Perno Hidráulico de 5", 21.00 und.
230.00	227.50	230.00	2.50	Marga roja con venillas de carbonato Zona de falla geológica Perímetro promedio RD, 6.00 m	46	Regular B	III B	Sostenimiento puntual con malla y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	24.50 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada, 6.00 m <sup>2</sup> Perno Hidráulico de 5", 6.00 und.
255.00	230.00	255.00	25.00	Marga roja con alteración moderada Marga roja con ligera alteración argílica Marga roja con intercalación de marga gris verdosa con ligera alteración Perímetro promedio RD, 6.00 m	50	Regular A	III A	No se requiere sostenimiento	49.00 m <sup>2</sup>	
260.00	255.00	260.00	5.00	Marga gris verdosa con ligera alteración Marga roja con ligera alteración argílica Perímetro promedio RD, 6.00 m	46	Regular B	III B	Sostenimiento puntual con malla y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	49.00 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada, 6.00 m <sup>2</sup> Perno Hidráulico de 5", 5.00 und.
270.00	260.00	270.00	10.00	Marga roja con ligera alteración argílica Marga roja con alteración moderada Marga roja con melano de caliza Perímetro promedio RD, 6.00 m	50	Regular A	III A	No se requiere sostenimiento	98.00 m <sup>2</sup>	
275.00	270.00	275.00	5.00	Marga roja con melano de caliza en los planos de fractura Perímetro promedio RD, 6.00 m	45	Regular B	III B	Sostenimiento puntual con malla y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	49.00 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada, 4.00 m <sup>2</sup> Perno Hidráulico de 5", 5.00 und.
294.00	275.00	294.00	9.00	Marga roja con ligera alteración argílica Marga roja con venillas de carbonato Marga roja con alteración moderada Perímetro promedio RD, 6.00 m	55	Regular A	III A	No se requiere sostenimiento	88.20 m <sup>2</sup>	
292.00	294.00	292.00	9.00	Marga roja con alteración moderada Marga roja con intercalación de marga gris verdosa con ligera alteración Perímetro promedio RD, 6.00 m	43	Regular B	III B	Sostenimiento puntual con malla y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	88.00 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada, 20.00 m <sup>2</sup> Perno Hidráulico de 5", 16.00 und.
300.00	292.00	300.00	9.00	Marga roja filtrada y alterada Marga roja con opacidades y venillas de caliza Perímetro promedio RD, 6.00 m	30	Muy A	IV	Sostenimiento sistemático con mallas y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	73.40 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada, 73.40 m <sup>2</sup> Perno Hidráulico de 5", 56.00 und.
305.00	300.00	305.00	5.00	Marga roja con melano de caliza en los planos Falla Geológica Perímetro promedio RD, 6.00 m	35	Muy A	IV	Sostenimiento sistemático con mallas y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	49.00 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada, 49.00 m <sup>2</sup> Perno Hidráulico de 5", 28.00 und.
324.00	305.00	324.00	19.00	Marga gris verdosa con venillas de caliza y corta Marga gris verdosa Perímetro promedio RD, 6.00 m	43	Regular B	III B	Sostenimiento puntual con malla y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	186.20 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada, 60.00 m <sup>2</sup> Perno Hidráulico de 5", 50.00 und.
336.00	324.00	336.00	15.00	Marga roja con ligera alteración argílica Marga roja con alteración moderada Marga gris verdosa con venillas de caliza Perímetro promedio RD, 6.00 m	57	Regular A	III A	No se requiere sostenimiento	147.00 m <sup>2</sup>	
350.00	336.00	350.00	11.00	Marga roja con opacidades y melano de corta Marga roja con venillas de carbonato Falla Geológica Perímetro promedio RD, 6.00 m	42	Regular B	III B	Sostenimiento puntual con malla y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	107.00 m <sup>2</sup>	Malla electrodoada, 49.00 m <sup>2</sup> Perno Hidráulico de 5", 28.00 und.
365.00	350.00	365.00	35.00	Marga roja con venillas de carbonato Marga roja con opacidades Falla Geológica Marga roja alterada Marga roja de moderada alteración marga roja melanosada con opacidades Perímetro promedio RD, 6.00 m	48	Regular B	III B	Sostenimiento puntual con malla y pernos 1- Malla electrodoada de 3x3" 2- Perno hidráulico de 5 pies a 1.30 mts.	343.00 m <sup>2</sup>	Se requiere deslodo y lavado del macizo rocoso y se evaluará, si requiere sostenimiento.

# EJECUCIÓN DEL TRABAJO

## PROCEDIMIENTOS :

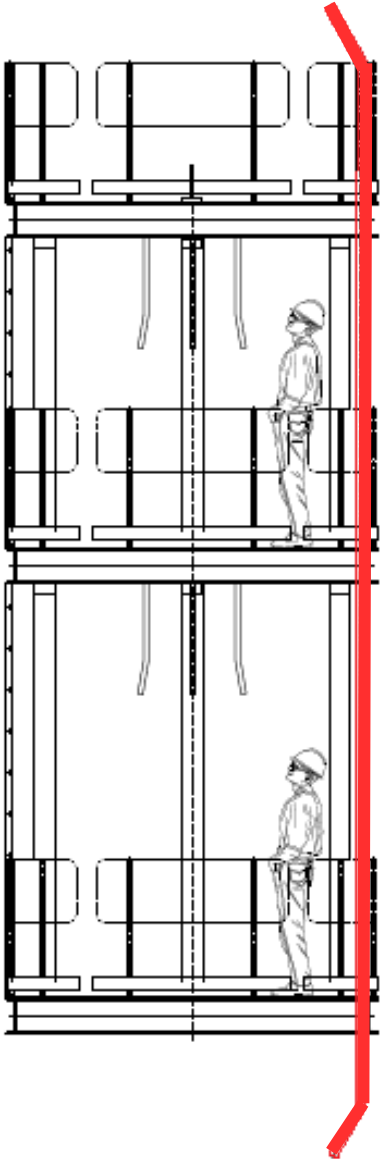
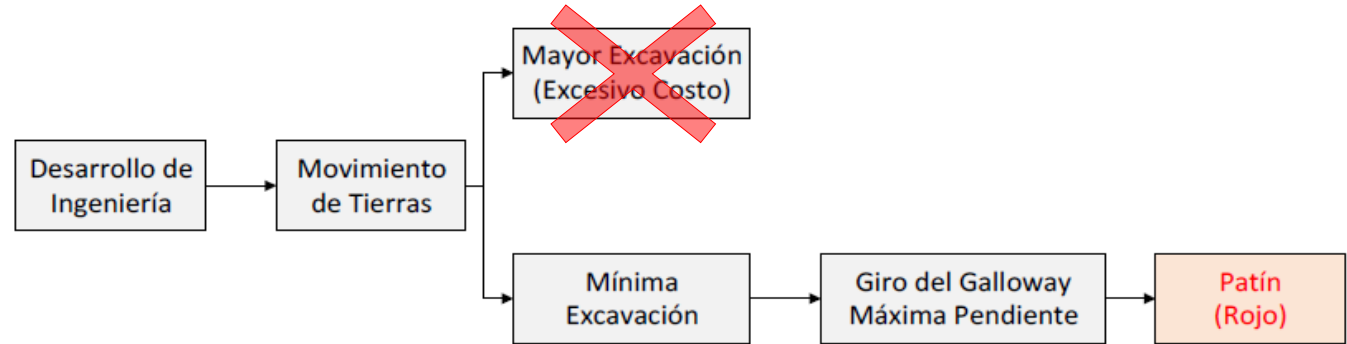
- Galloway de tres pisos:
  - 1er Piso: Para utilización de máquina perforadora (cuenta con pistones para sujetarse a la pared de la chimenea).
  - 2do Piso: Aplicación de Shotcrete
  - 3er Piso: Guarda-cabeza
- El personal bajaba en la Balde (El *galloway* era la otra ruta de escape)
- El balde se sujetaba a una cruceta que usaba los cables del *galloway* como cable guía
- Tapón de Seguridad después de subir/bajar al personal
- El shotcrete bajaría por tubería al *Galloway* (se debe de diseñar la mezcla para cada caso y que no exista segregación).
- Se utilizó un grupo electrógeno en caso de corte de energía y poder evacuar al personal.
- F.S. del Castillo: mayor a 7 y el F.S. del Galloway mayor a 8.

## RENDIMIENTOS:

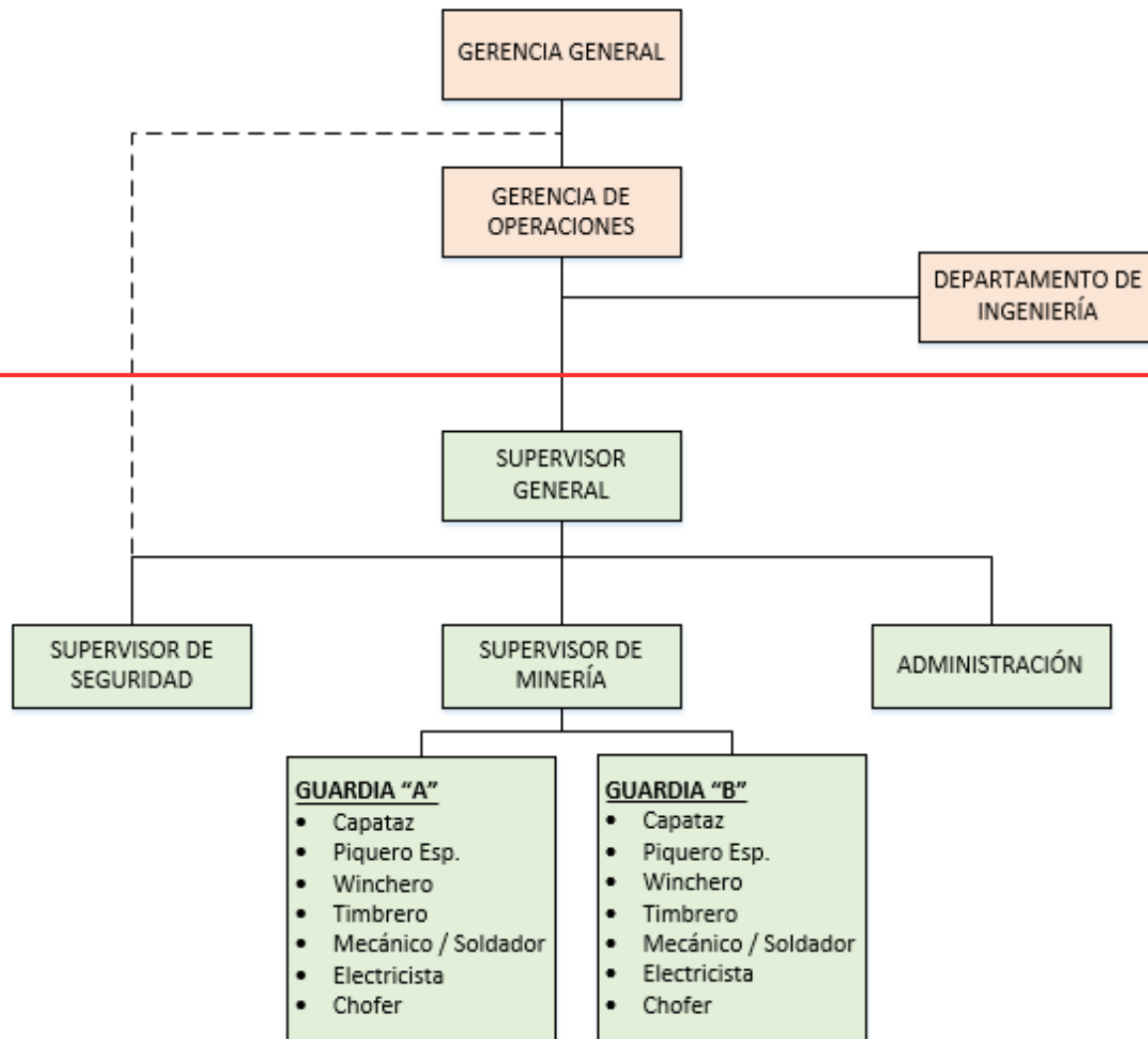
Sostenimiento	Rendimiento	Comentario
Shotcrete (2")	4 m3 por Hora	1 m3 <> 10 m2 aprox.
Perno Hydrabolt (5')	35 – 45 / Gd.	Altura promedio: 200 metros
Malla eslabonada	30 – 45 m2	Altura promedio: 200 metros

# EJECUCIÓN DEL TRABAJO

## PROBLEMA ENCONTRADO:



# EQUIPO HUMANO



LIMA

MINA

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES:

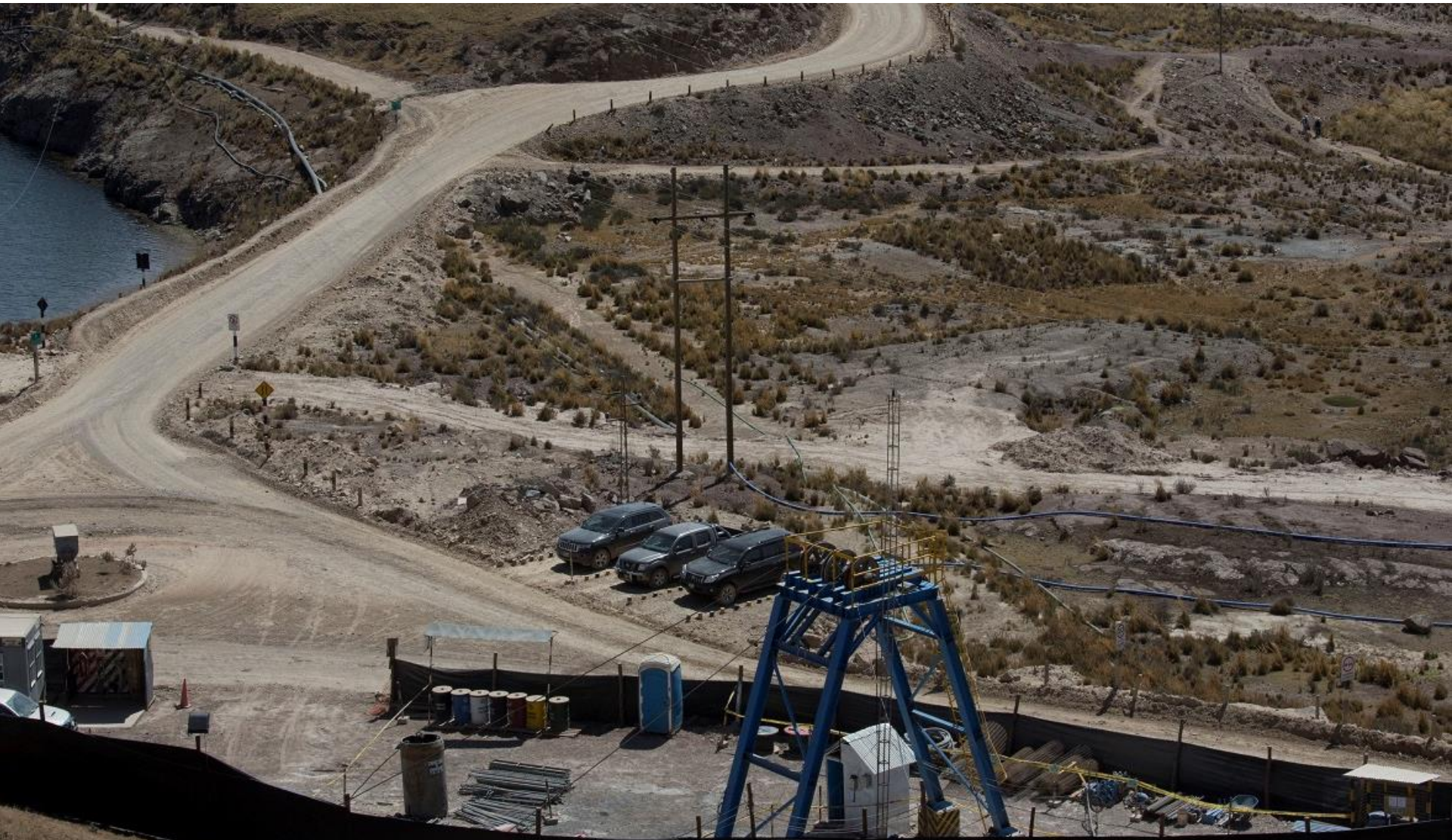
- EVALUACIÓN GEOMECÁNICA INICIAL  $\neq$  EVALUACIÓN GEOMECÁNICA FINAL
- NORMAS / ESTÁNDARES INTERNACIONALES DE SEGURIDAD (F.S. > 8 – PERSONAL)
- DISEÑO DE MEZCLA ESPECIALIZADO – TRANSPORTE POR TUBERÍA

## RECOMENDACIONES:

- INGENIERÍA DE RESPALDO – PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD – TRASLADO DE PERSONAL Y MATERIAL
- EMPRESAS NACIONALES – RE INGENIERÍA – REDUCIR COSTOS

# GALERÍA FOTOGRÁFICA

## VISTA DEL PROYECTO





# GALERÍA FOTOGRÁFICA



Castillo y *Galloway*



Balde y Cruceta

# GALERÍA FOTOGRÁFICA

## TAPÓN DE SEGURIDAD



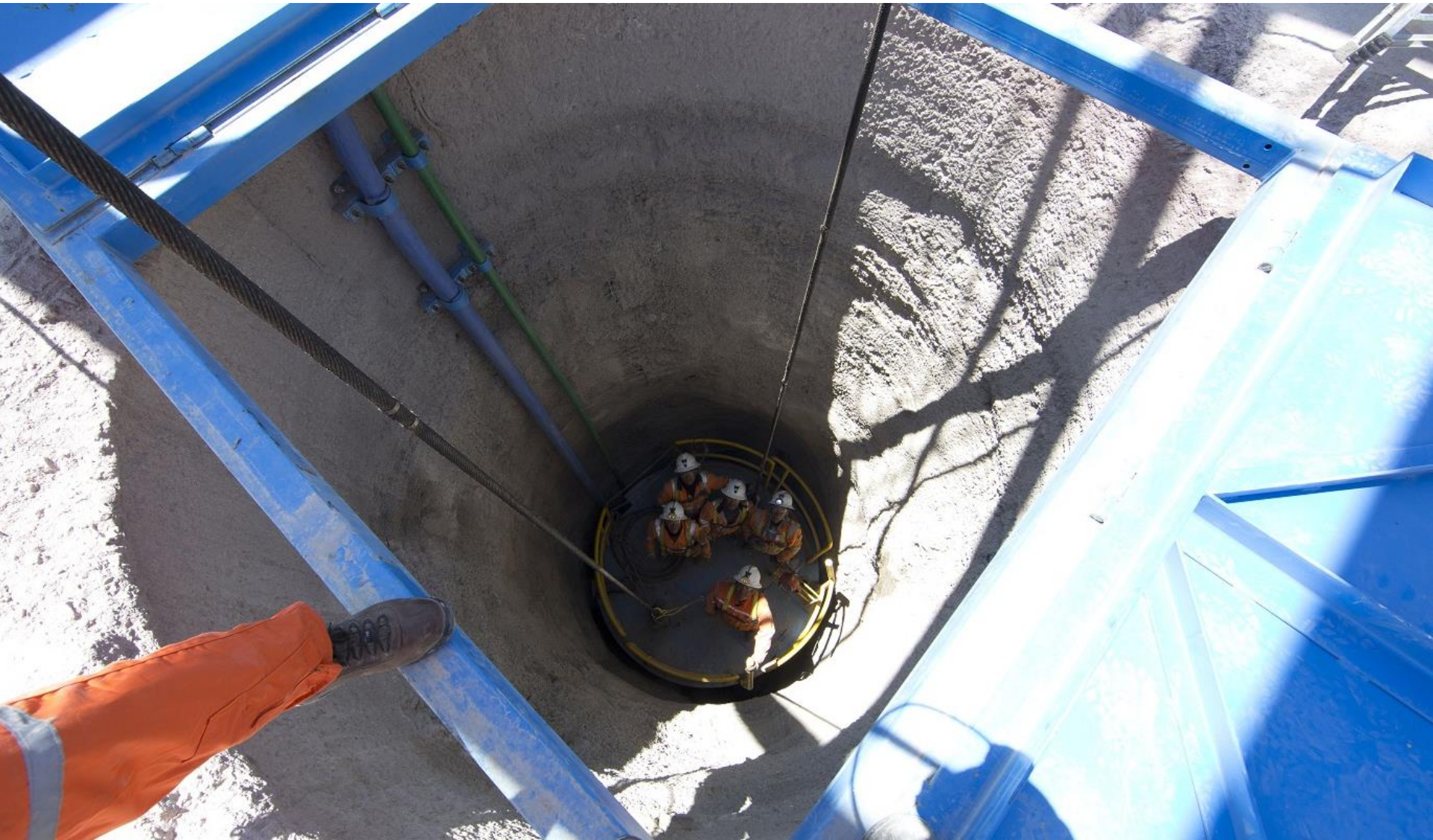
# GALERÍA FOTOGRÁFICA

## PERSONAL BAJANDO



# GALERÍA FOTOGRÁFICA

## PERSONAL BAJANDO



# GALERÍA FOTOGRÁFICA

## POLEAS Y CABLE DEL GALLOWAY



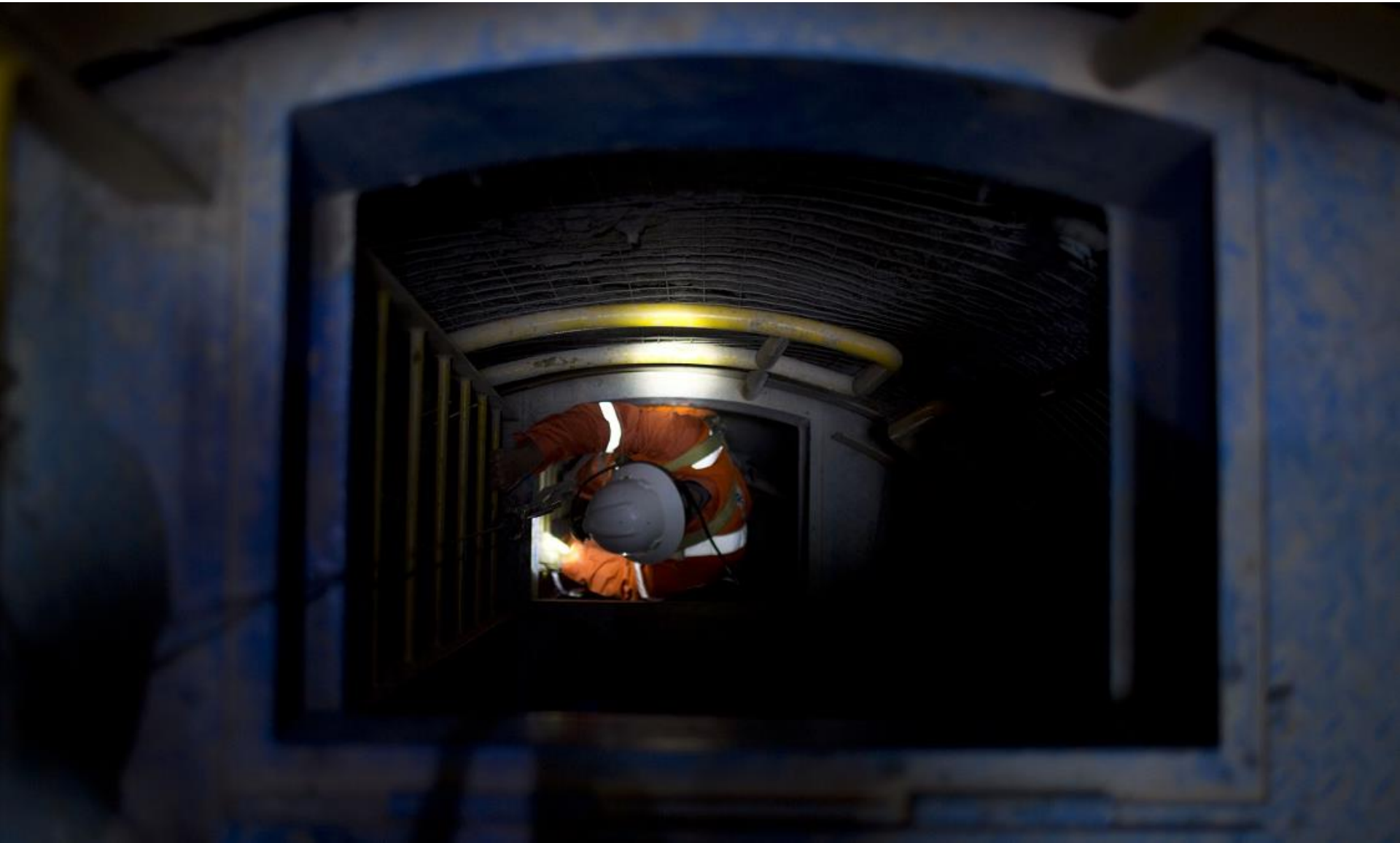
# GALERÍA FOTOGRÁFICA

FALLA CON SOSTENIMIENTO CON SHOTCRETE



# GALERÍA FOTOGRÁFICA

PERSONAL BAJANDO DE PISO EN EL GALLOWAY



# GALERÍA FOTOGRÁFICA

PERSONAL REVISANDO LA ROCA





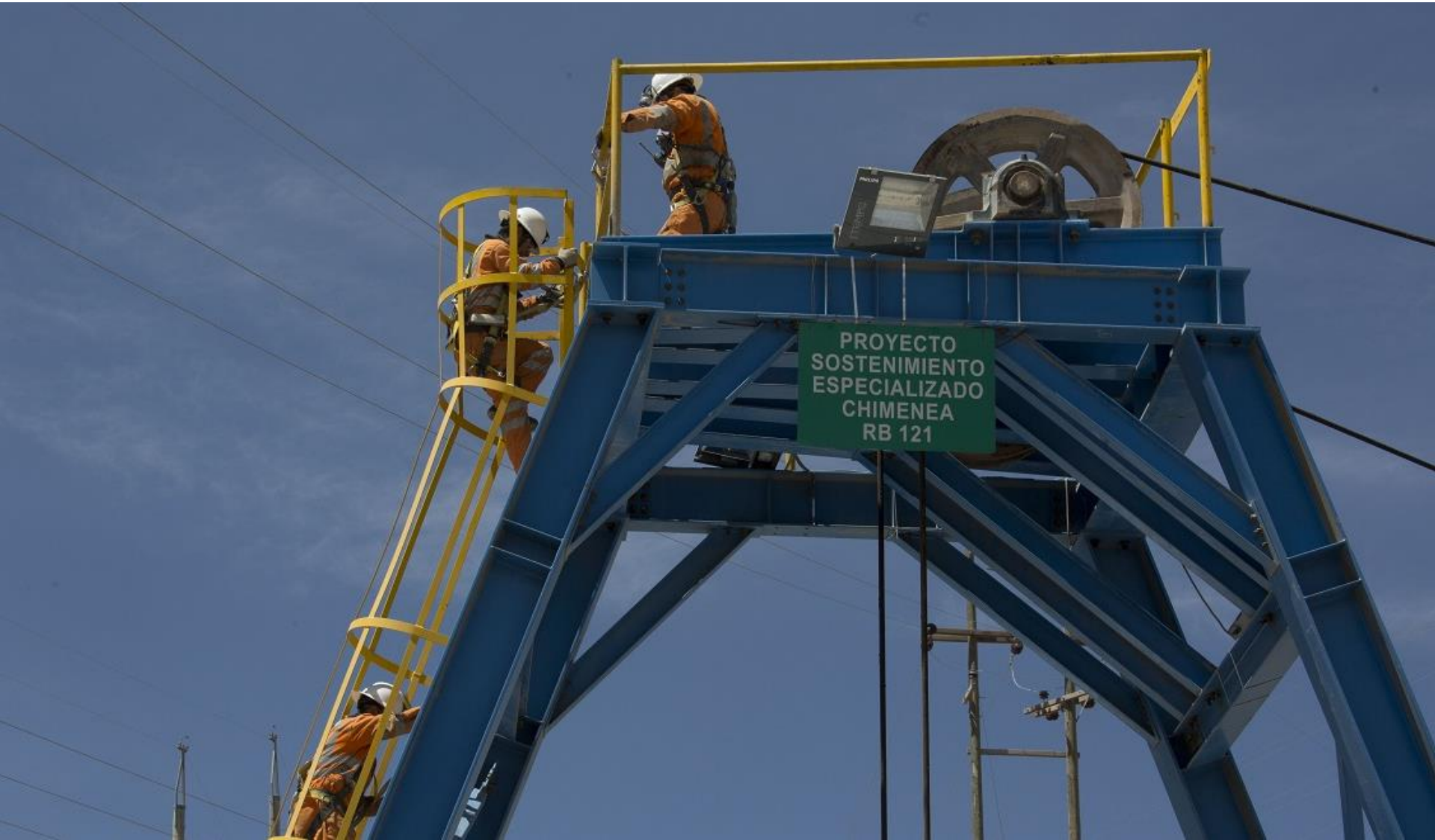
# GALERÍA FOTOGRÁFICA

## INCLINACIÓN DE LA CHIMENEA



# GALERÍA FOTOGRÁFICA

## MANTENIMIENTO DE LAS POLEAS



# GALERÍA FOTOGRÁFICA



# GALERÍA FOTOGRÁFICA

VIDEO





**M**  
MINERS COMPANY