



INFORME DE INVESTIGACIÓN ACCIDENTE ALTO POTENCIAL

ALCAPARROSA

23 marzo 2023

Departamento de Investigación de Accidentes y Sanciones

Servicio Nacional de Geología y Minería | Sernageomin

CONTENIDO

I. RESUMEN EJECUTIVO	3
II. INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO.....	5
III. ANTECEDENTES DE LOS LESIONADOS/AS.....	5
IV. ANTECEDENTES DE LA FAENA Y EMPRESAS	6
V. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	10
VI. INFORMACIÓN DEL ACCIDENTE	15
VII. CONCLUSIONES Y CAUSAS	29
VIII. CONSTATAIONES OBSERVADAS	31
IX. COMISIÓN INVESTIGADORA REGIONAL	35
X. ANEXOS Y EVIDENCIAS	36

I. RESUMEN EJECUTIVO

Dirección Regional Atacama	
Expediente	PIA-71.1_108

Información resumida del Accidente

Tipo de Accidente	ALTO POTENCIAL
Fecha y hora aprox.	30 julio 2022 (16:30)

Lugar

Comuna	TIERRA AMARILLA
Provincia	COPIAPO
Región	ATACAMA



Descripción resumida del accidente

El 30 de Julio de 2022 a las 16:30 horas, en dependencias de la faena minera Alcaparrosa, se sintió un fuerte ruido y la generación de gran cantidad de polvo en suspensión, lo cual fue ocasionado por el hundimiento del terreno superficial (subsistencia). Se evidenció que este hundimiento tomó la forma de un cilindro de 36 metros de diámetro y una profundidad de 64 metros, emplazado en la misma vertical del caserón Gaby 04 ubicado en el nivel 270. El evento no generó lesiones a las personas.

Tipología	Derrumbe, Colapsos, Estallidos de Roca (IAP)
------------------	--

Antecedentes de la faena:

Nombre de la faena	ALCAPARROSA				
Categoría	Gran Minería				
Dotación Mandante	14	Dotación Contratista	466	Dotación Total	480

Antecedentes de la(s) instalación(es):

Nombre de la instalación	MINA SUBTERRÁNEA				
Tipo de instalación	MINA SUBTERRANEA				
Estado de la instalación	PARALIZACIÓN POR MEDIDA PROVISIONAL				
Coordenada Norte	6961932.0	Coordenada Este	374319.0	Cota	468

Antecedentes de la empresa mandante:

Empresa mandante	C.C. MINERA OJOS DEL SALADO	Rut	96635170-5
Representante legal	JUAN PINO ESCOBAR	Rut	[REDACTED]
Dirección	EL BOSQUE 500.OF. 1101- LAS CONDES. SANTIAGO.		

Dotación mandante	14	Categoría	C
--------------------------	----	------------------	---

Antecedentes de la(s) empresa(s) contratista(s): No Aplica

Información preliminar de los lesionados/as: No Aplica

Conclusión resumida

El evento de subsidencia se debió principalmente a la sobre excavación del caserón Gaby 04, el cual presentaba una condición de inestabilidad con un alto grado de fracturamiento en un macizo rocoso de calidad geotécnica variable entre regular a mala, y a la ubicación espacial del caserón Gaby 04, el cual se encuentra debajo del acuífero de la cuenca del río Copiapó, y cuyo Crown Pillar (pilar corona o losa de seguridad de material rocoso) no se encontraba definido adecuadamente respecto de su estado, dimensiones y separación entre la litología de tipo gravas y rocas.

En consecuencia, ambos factores provocaron el derrumbe progresivo del caserón, que debido al ingreso permanente de agua desde el acuífero a través de las estructuras mayores que servían como vías preferenciales de flujo, generaron las condiciones que provocaron el colapso definitivo de las paredes y techo del caserón, lo que hundió la columna de rocas y gravas del sistema, manifestando en superficie una "dolina" o subsidencia. A esto se suma que, ante la presencia de señales de inestabilidad del sector Gaby la empresa continuó sus operaciones de extracción y no reevaluó una nueva estrategia de explotación ni se adoptaron medidas de seguridad para evitar la ocurrencia del evento.

En complemento, se debe considerar el aporte de las vibraciones por tronadura de los caserones Gaby 01 y Gaby 12 (caserones adyacentes a Gaby 04) desde la última tronadura en el caserón Gaby 04, así como también las lluvias registradas los días previos al evento, que aportaron el caudal de ingreso suficiente al sistema roca-gravas hasta el caserón Gaby 04, favoreciendo el desprendimiento de material.

II. INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO

De acuerdo con lo establecido en el artículo 13 letra b) del Reglamento de Seguridad Minera, el Servicio Nacional de Geología y Minería en el ejercicio de sus facultades, debe investigar los accidentes del trabajo, con lesiones a las personas, daños graves a la propiedad que estime conveniente. Además, siempre deberá investigar aquellos accidentes que hayan causado la muerte de algún trabajador.

De esta manera, este informe contiene los antecedentes recabados por Sernageomin relacionados a la investigación del accidente ALTO POTENCIAL, ocurrido el 30 julio 2022, en la faena ALCAPARROSA, ubicada en la comuna de TIERRA AMARILLA, en la región de ATACAMA, perteneciente a la empresa C.C. MINERA OJOS DEL SALADO, con la finalidad de determinar las causas de este y así dar cumplimiento a la norma señalada precedentemente.

III. ANTECEDENTES DE LOS LESIONADOS/AS

3.1 Antecedentes de los lesionados(as): No Aplica

IV. ANTECEDENTES DE LA FAENA Y EMPRESAS

4.1 Antecedentes de la faena e instalación(es)

Antecedentes de la faena					
Nombre de la faena	ALCAPARROSA				
Comuna	TIERRA AMARILLA				
Provincia	COPIAPO				
Región	ATACAMA				
Categoría	Gran Minería				
Dotación Mandante	14	Dotación Contratista	466	Dotación Total	480
Antecedentes de la instalación:					
Nombre de la instalación	MINA SUBTERRÁNEA				
Tipo de instalación	MINA SUBTERRANEA				
Estado de la instalación	PARALIZACIÓN POR MEDIDA PROVISIONAL				
Coordenada Norte	6961932.0	Coordenada Este	374319.0	Cota	468

4.2 Descripción la faena



La Faena Minera Alcaparrosa está ubicada en el denominado "Distrito Candelaria", en la comuna de Tierra Amarilla, provincia de Copiapó, región de Atacama. Esta faena minera pertenece a la Compañía Contractual Minera Ojos de Salado (CCMO) y cuenta con un Proyecto de Explotación Subterráneo denominado "Actualización método explotación mina Alcaparrosa" aprobado por el SERNAGEOMIN mediante Resolución Exenta N°2924 de fecha 30 de octubre de 2018, el cual considera la explotación de dos nuevos sectores subterráneos denominados "Viviana" y "Alcaparrosa".

Sur", con una producción promedio de 4.300 toneladas por día y una dotación promedio de aproximadamente 500 trabajadores, distribuidos entre labores operativas, de apoyo y contratistas, que incluye las operaciones de producción y desarrollo, carguío y transporte, comunicaciones, eléctricos, entre otras.

El método de explotación utilizado es Sub Level Stoping variante Long Blasting Hole, con estrategias de explotación que garanticen la estabilidad de las labores, método que según estudios y análisis de la Compañía justifica el proyecto de la empresa, dada la forma y características de la mineralización existente en el área, con roca de buena calidad tanto mineralizada como circundante. El proyecto consideró dar continuidad al yacimiento hasta el año 2022 por tener reservas estimadas, mayormente sulfuros de cobre que ascienden a 10 millones de toneladas. La producción obtenida de la mina Alcaparrosa es enviada a procesamiento a la Planta Pedro Aguirre Cerda obteniendo concentrado de cobre.

4.3 Antecedentes de la empresa mandante:

Antecedentes de la empresa mandante			
Empresa mandante	C.C. MINERA OJOS DEL SALADO	Rut	96635170-5
Representante legal	JUAN PINO ESCOBAR	Rut	
Dirección	EL BOSQUE 500.OF. 1101- LAS CONDES. SANTIAGO.		
Dotación mandante	14	Categoría	C

4.4 Antecedentes de la empresa contratista: No Aplica

4.5 Antecedentes generales de las empresas en materia de seguridad

a) Antecedentes de las Resoluciones aprobatorias de Sernageomin en la faena

Nombre del Proyecto	Ventilación Continuidad operacional Mina Alcaparrosa		
N° de Resolución	3520	Fecha de Aprobación	18-12-2018
Fecha de Vencimiento	31-07-2022	Estado del Proyecto	Vigente
Nombre del Proyecto	Plan de Cierre Minera Ojos del Salado		
N° de Resolución	394	Fecha de Aprobación	16-05-2014
Fecha de Vencimiento	31-12-2017	Estado del Proyecto	Vencido
Nombre del Proyecto	Electrificación mina Alcaparrosa para continuidad operacional Corto Plazo.		
N° de Resolución	871	Fecha de Aprobación	25-05-2022
Fecha de Vencimiento	25-05-2025	Estado del Proyecto	Vigente
Nombre del Proyecto	Actualización Plan de cierre de la faena Minera Ojos del Salado.		
N° de Resolución	3543	Fecha de Aprobación	19-12-2018
Fecha de Vencimiento	31-12-2024	Estado del Proyecto	Vigente
Nombre del Proyecto	Explotación Mina Alcaparrosa		
N° de Resolución	2721	Fecha de Aprobación	10-12-2014
Fecha de Vencimiento	30-09-2016	Estado del Proyecto	Vencido
Nombre del Proyecto	Explotación Subterránea Actualización Método explotación Mina Alcaparrosa.		

N° de Resolución	2924	Fecha de Aprobación	30-10-2018
Fecha de Vencimiento	31-12-2022	Estado del Proyecto	Vigente
Nombre del Proyecto	Electrificación Mina Alcaparrosa.		
N° de Resolución	2966	Fecha de Aprobación	26-11-2019
Fecha de Vencimiento	31-12-2022	Estado del Proyecto	Vigente
Nombre del Proyecto	Botadero interior mina y botadero N°1 (en superficie) de faena minera mina Alcaparrosa.		
N° de Resolución	3069	Fecha de Aprobación	14-11-2018
Fecha de Vencimiento	31-12-2022	Estado del Proyecto	Vigente

b) Antecedentes del Experto en Prevención de Riesgos

Nombre completo	[REDACTED]		
Tipo de documento	Cédula	[REDACTED]	
Cargo	Supervisor en Prevención de Riesgos		
Profesión	Ingeniero/a Civil en Minas		
Categoría	A	Tipo de Jornada	Completa
Frecuencia de Labores	Sistema Turnos (5x2)		
Empresa	C.C. MINERA OJOS DEL SALADO		
Tipo de Empresa	Mandante		
Observaciones	La jornada de trabajo es de turno 5x2 y 4x3. semanas intercaladas.		

c) Antecedentes del o los Comités Paritarios de Higiene y Seguridad (CPHS)

• Antecedentes del Comité Paritarios de Higiene y Seguridad – Empresa Mandante

Nombre completo	[REDACTED]		
Cargo	Jefe General Operaciones.		
Cargo en CPHS	Presidente. Titular Empresa		
Nombre completo	[REDACTED]		
Cargo	Jefe de Operaciones.		
Cargo en CPHS	Titular Empresa.		
Nombre completo	[REDACTED]		
Cargo	Sub Gerente de Ingeniería.		
Cargo en CPHS	Titular Empresa.		
Nombre completo	[REDACTED]		
Cargo	Operador Planta.		
Cargo en CPHS	Titular Laboral.		
Nombre completo	[REDACTED]		
Cargo	Operador Planta.		
Cargo en CPHS	Titular Laboral.		
Nombre completo	[REDACTED]		
Cargo	Ingeniero de Planificación Mina.		
Cargo en CPHS	Titular Laboral.		

- **Antecedentes del Comité Paritarios de Higiene y Seguridad – Empresa(s) Contratista(s)**

No Aplica

d) Reglamentos y Procedimientos aplicables al caso

- **Reglamentos y Procedimientos aplicables al caso – Empresa Mandante**

No hay Reglamentos y Procedimientos aplicables al caso en la faena minera.

- **Reglamentos y Procedimientos aplicables al caso – Empresa(s) Contratista(s)**

No Aplica.

e) Programas o Planes de Control de riesgos de la empresa

- **Programas o Planes de Control de riesgos – Empresa Mandante**

Nombre documento	Código Documento	Fecha de Emisión
Programa seguridad y salud ocupacional 2021-2022	Sin código.	01-12-2022

- **Programas o Planes de Control de riesgos – Empresa(s) Contratista(s)**

No Aplica.

f) Elementos de primeros auxilios y comunicación

- La faena minera Alcaparrosa cuenta con un sistema de apoyo de policlínico ubicado en la faena minera Santos (a 6 minutos aproximadamente), el cual está administrado por la empresa ESACHS. Ésta se encuentra equipada con paramédico y chofer de ambulancia, con asistencia 24/7 y atención médica presencial de lunes a viernes de 7:30 a 16:30 horas.
- El policlínico cuenta con todo el equipamiento necesario para otorgar una primera atención de emergencia, tal como: DEA (Desfibrilador Externo Automático), oxígeno, electrocardiógrafo, material de inmovilización, opósitos y vendajes.
- La ambulancia de servicio se ubica en la faena minera Santos, propiedad de CCMO. Esta ambulancia es una AEB (Ambulancia Emergencia Básica) marca Toyota Hilux 4 x 4.
- Para el caso de emergencias masivas, la faena minera Alcaparrosa cuenta con el apoyo del policlínico de la faena minera Candelaria, equipado con 2 ambulancias AEB, 1 medico, 1 enfermera, 3 paramédicos, 1 paramédico conductor y 1 conductor.

V. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Profesionales de la empresa que acompañaron a los funcionarios de Sernageomin en la investigación en terreno

Antecedentes del profesional		
Nombre completo		[REDACTED]
Tipo de documento		[REDACTED]
Cargo		Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional
Empresa		C.C. MINERA OJOS DEL SALADO
Tipo de Empresa		Mandante
Antecedentes del profesional		
Nombre completo		[REDACTED]
Tipo de documento		[REDACTED]
Cargo		Subgerente de Seguridad y Salud Ocupacional
Empresa		C.C. MINERA OJOS DEL SALADO
Tipo de Empresa		Mandante
Antecedentes del profesional		
Nombre completo		[REDACTED]
Tipo de documento		[REDACTED]
Cargo		Subgerente Geomecánico
Empresa		C.C. MINERA OJOS DEL SALADO
Tipo de Empresa		Mandante
Antecedentes del profesional		
Nombre completo		[REDACTED]
Tipo de documento		[REDACTED]
Cargo		Asesor de Prevención de Riesgos
Empresa		C.C. MINERA OJOS DEL SALADO
Tipo de Empresa		Mandante
Antecedentes del profesional		
Nombre completo		[REDACTED]
Tipo de documento		[REDACTED]
Cargo		Subgerente de Operaciones Mina Subterránea
Empresa		C.C. MINERA OJOS DEL SALADO
Tipo de Empresa		Mandante
Antecedentes del profesional		
Nombre completo		[REDACTED]
Tipo de documento		[REDACTED]
Cargo		Subgerente de Ingeniería Mina Subterránea
Empresa		C.C. MINERA OJOS DEL SALADO
Tipo de Empresa		Mandante
Antecedentes del profesional		
Nombre completo		[REDACTED]
Tipo de documento		[REDACTED]
Cargo		Ingeniero de Proyectos

Empresa	C.C. MINERA OJOS DEL SALADO
Tipo de Empresa	Mandante

5.2 Fiscalizaciones realizadas por Sernageomin

Fiscalizaciones		
Número	Fecha	Fiscalizador
1	08-01-2021	Jessica Cortés Prado
2	04-03-2021	Marcelo Avaria
3	13-07-2022	Leonardo Pizarro Rissi

5.3 Declaración de Testigos

Antecedentes personales	
Tipo de Testigo	
Nombre completo	
Tipo de documento	
Fecha de nacimiento	
Domicilio	
Teléfono de contacto	
Correo electrónico	
Antecedentes laborales	
Empresa	
Tipo de Empresa	

5.4 Otros documentos aportados a la investigación

Nombre documento	Código Documento	Fecha de Emisión
Propuesta Sondaje reconocimiento nivel 290	Sin código	23-08-2022
Modelos estructurales Alcaparrosa	Sin código	04-09-2022
Modelo Litológico Alcaparrosa	Sin código	04-09-2022
Planos con levantamiento de labores antiguas	Sin código	23-08-2022
Caracterización Geomecánica del área del proyecto	Sin código	23-08-2022
Registro de estabilidad Caserones Gabys	Sin código	04-09-2022
Dimensiones y radios hidráulicos de los caserones sector NV 270	Sin código	23-08-2022
Determinación del rol que juegan los esfuerzos	Sin código	04-09-2022
Estimación etapas de construcción y diseño Proy. Gaby 04.	Sin código	23-08-2022
Planos de caserones del Nv 270 y 200 .Volumen actual-antes	Sin código	23-08-2022
Plano de subsidencia y volumen	Sin código	23-08-2022
Modelo hidrogeológico en que se incluyan los parámetros de permeabilidad, rendimiento específico , niveles estáticos,	Sin código	23-08-2022

curvas equipotenciales.		
Exploraciones geofísicas	Sin código	23-08-2022
Historial de caudales mina Alcaparrosa	Sin código	23-08-2022
Monitoreo Crater	Sin código	23-08-2022
Información actualizada topografía Alcaparrosa -H6	Sin código	02-09-2022
Análisis de estabilidad	Sin código	02-09-2022
Implementar Monumentación de vértices	Sin código	23-08-2022
H7 Chequeo Altimetría	Sin código	23-08-2022
Planos estructurales Caserones, perfil transversal y longitudinal	Sin código	23-08-2022
Estudio realizado para la estabilidad de los caserones	Sin código	02-09-2022
Planta nivel 270	Sin código	23-08-2022
Programas mensual-Trimestral	Sin código	23-08-2022
Planos UTM	Sin código	23-08-2022
Diagrama Longitudinal	Sin código	23-08-2022
Diagrama transversal	Sin código	23-08-2022
Análisis Vibración	Sin código	23-08-2022
Carta 49 respuesta antecedentes adicionales acta 18.08.2022	Sin código	23-08-2022
Información Geofísica Alcaparrosa	Sin código	23-08-2022
Diseño de tronadura de producción	Sin código	23-08-2022
Diseño de tronadura de producción nivel 270	Sin código	23-08-2022
Respuesta carta 48 Ord 4429 del 24-08-2022	Sin código	29-08-2022
Secuencia de explotación de los caserones	Sin código	23-08-2022
Plan de producción año 2020,2021 y 2022	Sin código	23-08-2022
Análisis geomecánico operativo y notas técnicas	Sin código	23-08-2022
OPTECH de estructuras de los niveles 270 y 200	Sin código	23-08-2022
Registro de monitoreo geomecánico	Sin código	23-08-2022
Geofísica Tomografía Eléctrica Alcaparrosa	Sin código	21-09-2022
Muestras de pozos HA01-HA02	Sin código	22-09-2022
Planos Instalaciones CCMO	Sin código	30-09-2022
Resp.Crta 63 Ord 4429 del 24.08.2022. Item 66 Ingresos Terrasarx	Sin código	06-10-2022
Condición Hidrogeológico del sector de Gaby y acuífero rio Copiapó. Alcaparrosa	Sin código	17-08-2022
Informe Hidrogeológico, resumen actividades SERNAGEOMIN, grietas Alacaparrosa	Sin código	29-09-2022
Oficio Ord 5421. Desiste aumento de	Sin código	11-10-2022

plazo para la entrega de informe Inv. Accidente subsidencia,		
Carta término de trabajos de contingencia CCMO.	Sin código	15-09-2022
Oficio Ord Respuesta descargo empresa a acta de inspección 03-08-2022	Sin código	16-08-2022
Respuesta a requerimiento Of.Ord 4245	Sin código	23-08-2022
Oficio Ord.4403	Sin código	22-08-2022
Carta 45 GSSO Solicitud aumento plazo	Sin código	21-08-2022
Oficio 5169 El rol que juegan los esfuerzos orientación de los set estructurales y gravedad en el número de estabilidad	Sin código	27-09-2022
Observaciones y descargos Acta 14-09-2022	Sin código	23-09-2022
Oficio Ord 5002 Autorización sondajes en superficie	Sin código	21-09-2022
3725 Presentación equipo técnico , Plan de acción.	Sin código	17-08-2022
Oficio Ord 4393 . Plan de contingencia Alcaparrosa	Sin código	19-08-2022
3527 descargos empresa a SERNAGEOMIN	Sin código	10-08-2022
Oficio Ord. 4245. Preguntas aclaraciones y solicitud de información.	Sin código	11-08-2022
Informe técnico Dirección Regional de Atacama (Cronología)	Sin código	14-10-2022
Acta insp. post accidente 03.03.2022	Sin código	03-08-2022
Acta insp.post accidente 12.08.2022	Sin código	12-08-2022
Acta insp.post accidente 18.08.2022	Sin código	18-08-2022
Acta insp.post accidente 31.08.2022	Sin código	31-08-2022
Acta insp.post accidente 14.09.2022	Sin código	14-09-2022
Informe topográfico Red Alcaparrosa	Sin código	01-08-2022
Condición Hidrogeológica Gaby 04 Alcaparrosa	Sin código	01-08-2022
Análisis de estabilidad Geomecánico Caserones Gaby 01,Gaby 04 y Gaby 12 y Cavidades Preexistente 1N,2N,2W Y 4 W 2022	Sin código	01-08-2022
Oficio Ord 956/2018.	Sin código	04-05-2018
Adenda 1- Resp Oficio 956/2018	Sin código	24-07-2018
Análisis geológico y geomecánico mina Alcaparrosa.	Sin código	01-06-2015
Informe de los resultados del modelo hidrogeológico conceptual y modelo numerico mina Alcaparrosa	Sin código	09-11-2020
Respuestas observaciones	Of.Ord 710	06-02-2023
Informe investigación Causa Raiz socavón Alcaparrosa	Sin código	28-10-2022
Carta entrega informe inv. Causa Raiz	GPR-71	28-10-2022

Respuesta, Obs. y Descargos. Acta inspección del 14.09.2022	Sin código	23-09-2022
Respuesta al Ord 4245 de 11 de agosto de 2022	Carta GPR-047	24-08-2022
Oficio Ordinario 4245 - Preguntas, aclaraciones y solicitud de información	Sin código	11-08-2022
Resumen Extracción y Tronadura Mina Alcaparrosa 2020_2022 (SERNAGEOMIN)	Sin código	22-03-2023

VI. INFORMACIÓN DEL ACCIDENTE

Fecha de aviso del accidente a Sernageomin	30 julio 2022
Fecha Inicio de Investigación por Sernageomin	01 agosto 2022

6.1 Descripción del incidente o accidente

El sábado 30 de Julio de 2022, a las 16:30 horas en dependencias de la faena minera Alcaparrosa, se sintió un fuerte ruido con generación de gran cantidad de polvo en suspensión, lo cual fue ocasionado por el hundimiento del terreno superficial (subsistencia) ubicado en las coordenadas UTM WGS 84,19S; N: 6.961.583 m; E: 374.282 m, cota: 474 m.s.n.m. El Jefe de Turno Inspección Técnica de Obras de Mina Alcaparrosa, [REDACTED] su oficina para ver el origen del ruido, encontrándose con personal de la empresa contratista JMT, quienes le indicaron sobre la formación de un hundimiento superficial frente a sus dependencias, pasado el cierre perimetral hacia el río [REDACTED] solicitó apoyo a supervisor de turno de empresa de seguridad G4S para revisar de cerca lo sucedido, detectando una subsistencia de forma cilíndrica de 30 metros de diámetro aproximadamente.

[REDACTED] de inmediato llamó e informó lo sucedido a su jefe [REDACTED] Subgerente Mina Santos-Alcaparrosa. Como medida preventiva, se contactó a los jefes de turno de empresas contratistas para que retiraran a todo el personal de sectores comprometidos con la subsistencia, dejándose con prohibición de acceso a dichos lugares. No se registran lesiones a personas producto del evento.



Foto referencial del incidente o accidente.

6.2 Relación secuencial y cronológica de los hechos

Número	Fecha y hora	Descripción de los hechos
1	30-07-2022 (16:30)	Obras de CCMO en Mina Alcaparrosa, encontrándose en la oficina ubicada en superficie, siente un fuerte estruendo. Al salir de la oficina para ver el origen del ruido, se encuentra con personal de la empresa contratista JMT quienes le comunican que frente a sus oficinas (JMT), pasado el cierre perimetral hacia el río, ocurrió un evento con generación de polvo en suspensión, quedando un hundimiento de grandes dimensiones.
2	30-07-2022 (16:32)	coordina apoyo con supervisor de turno de empresa de seguridad 4GS para revisar lo sucedido, con quienes acude al lugar detectando que se había producido una subsidencia de aproximadamente 30 metros de diámetro. De forma inmediata llamó al Subgerente Mina Santos-Alcaparrosa para informar lo sucedido.
3	30-07-2022 (16:35)	Tras la ocurrencia del evento, supervisores de turno de las empresas colaboradoras que se encontraban al interior de la mina Alcaparrosa.
4	30-07-2022 (16:38)	comunicó a la Supervisora de Prevención de Riesgos CCMO, lo acontecido para la evacuación inmediata de todo el personal del interior mina.
5	30-07-2022 (16:40)	Personal de la Brigada de Rescate se constituye en el lugar, apoyando en el conteo del personal que sale de la mina y colaborando en la segregación del área comprometida.
5	30-07-2022 (17:30)	Supervisora de Prevención de Riesgos comunica del incidente al Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional posteriormente informa el incidente a las máximas autoridades de la CCMO.
6	30-07-2022 (18:00)	Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional, comunicó lo acontecido al Sr. Franklin Céspedes V. Director Regional de Atacama (S) del Sernageomin

6.3 Otros antecedentes

Ubicación del sector "Gaby" en Mina Alcaparrosa Sur

Los caserones Gaby 01, 04 y 12 se encuentran ubicados entre las cotas 200 y 270 metros de la Mina Alcaparrosa Sur, por debajo del Crown Pillar que separa la litología de macizo rocoso con los rellenos aluviales y el acuífero. La subsidencia ocurrida en superficie se encuentra en la misma vertical que el caserón Gaby 04 (identificado con flecha azul) tal como lo indica la Figura 1:

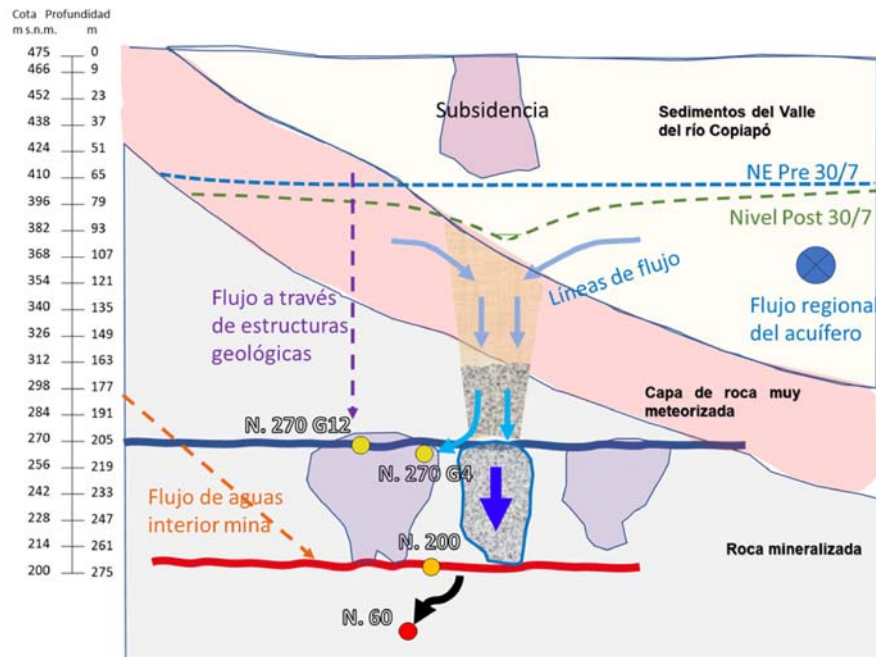


Figura 1 - Modelo conceptual hidrológico Mina Alcaparrosa Sector Gaby Nivel 270-200

Fuente: SERNAGEOMIN

Calidad de Macizo Rocoso

De acuerdo con las alertas geomecánicas trimestrales reportadas por CCMO, se evidencia que el caserón Gaby 04 se encuentra ubicado en un macizo rocoso de calidad regular a mala, con orientación estructural preferencial NNW, longitudinal al sentido de explotación (20-30° respecto de caserón), con mecanismos de inestabilidad controlados por Fallas y Diques asociados a las condiciones de tensión-deformación inducidas por la tronadura, y con presencia de agua en el macizo rocoso con un caudal estimado de 2-4 litros/segundo, con humedad y goteo en las paredes y techo de la galería de producción. De acuerdo con la última alerta geomecánica entregada por la empresa, se declaran las siguientes condiciones y controles:

Condiciones:

1. Macizo rocoso se proyecta en una regular y mala calidad geotécnica según modelo de bloques Q" y GSI.
2. Sector con sistema de fallas que generan condición de inestabilidad por formación de cuña parte superior de ITH 8-9-10, generando tipo chaflan en el corte del caserón.
3. Sobreexcavación paredes Este por mala calidad del macizo rocoso, intersección de fallas y dique parte del techo, daño por tronadura, proyección de sobreexcavación a techo y caja 5 a 10 mts.
4. Probable ingreso o aporte de flujo de agua por macizo rocoso, desde nivel superior 270.

Controles:

1. Revisión del comportamiento de la fortificación. Mantener fortificación operativa de puntos de extracción.
2. Realización e informar posttronaduras por niveles 270 y 200 (Radio influencia 150 mts), acuñaduras y revisión de fortificación.
3. Preparar puntos para tomas scanner (optech, C-als u Hovermap), para control de avance de cavidad después y antes de cada tronadura, con caserón sin actividad geomecánica.
4. Utilización de tronadura controlada y amortiguada, utilización de tacos, que cause menor daño, tanto en zonas de falla, en paredes, para bajar probabilidad de sobreexcavación, mantener diseño y dañar lo menos posible los puntos de extracción.
5. Llevar extracción de mineral a ventana llena y evaluación de supervisión de operaciones turno a turno.
6. Informar y consultar a geomecánico ante la duda.
7. Revisar secuencia y controlar la tronadura parte superior ITH, para evitar el desprendimiento de la proyección de cuña, o secuenciar otra parada de ITH (8) para eliminar controladamente con la tronadura.

Figura 2 – Última alerta geomecánica caserón Gaby 04 1Q 2022 Mina Alcaparrosa

Características geotécnicas sector "Gaby"

La zona donde están emplazados los caserones Gaby 01, Gaby 04 y Gaby 12, contiene un conjunto de fallas y diques con orientación preferencial en sentido norte-sur, poseen manteos variables hacia el oeste y ángulos sub verticales. De acuerdo con al modelo estructural de la Mina Alcaparrosa Sur, la explotación se desarrolla principalmente en Brecha Magnetita UG-67, con presencia de zona de contacto entre Brecha Magnetita UG-67 y Andesita de Biotita UG-61 (Ver Figuras 3 y 4), con presencia de sistemas de fallas con orientación NNW, asociado a sistemas de diques de similar orientación y fallas con orientación NS que afectan en el mismo sentido de la explotación del caserón.

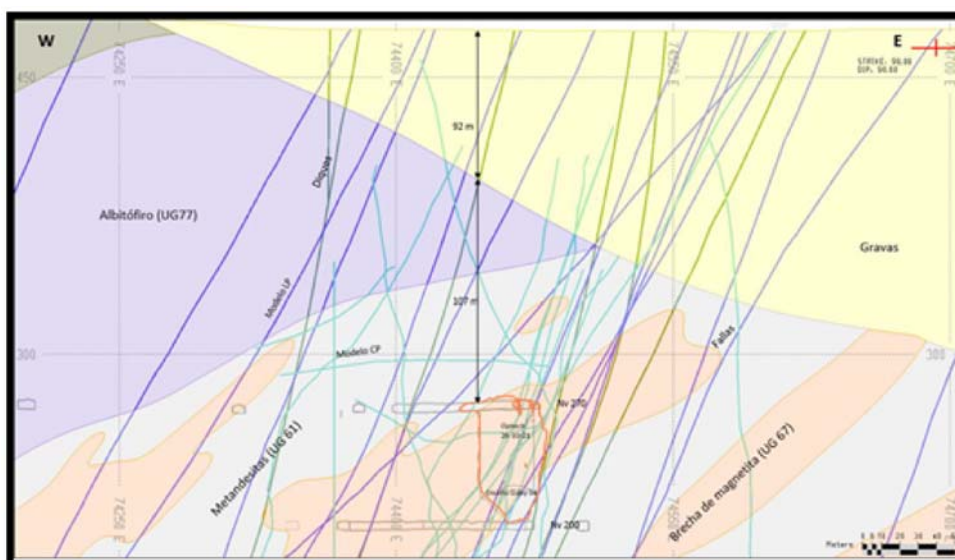


Figura 3 – Perfil W-E Modelo de Estructuras Mayores en Caserón Gaby 04, octubre de 2021.

Fuente: CCMO

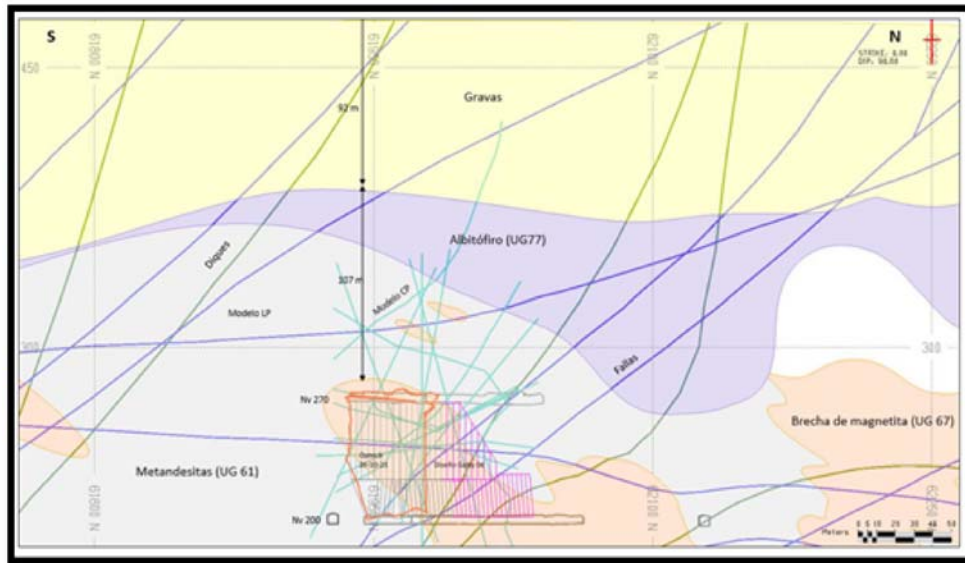


Figura 4 - Perfil S-N, Modelo de Estructuras Mayores en Caserón Gaby 04, octubre 2021.

Fuente: CCMO

En particular, al interior de la unidad de explotación definida como caserón Gaby 04 existe una alta concentración de fallas y diques, ubicados preferentemente en la parte central y lado este del caserón, con dirección preferente norte-sur y con ángulos sub verticales con manto al oeste. Estos planos de fallas y diques se cruzan por sobre el caserón generando cuñas y condiciones propicias para descolgarse al no tener sujeción en la parte inferior.

Hidrogeología conceptual

El modelo hidrogeológico conceptual de Mina Alcaparrosa determinó que, dadas las características geológicas y estructurales del macizo rocoso, el tipo de alteraciones existentes y los mecanismos registrados históricamente para el transporte de agua subterránea, son las zonas de alto **fracturamiento y reducido relleno de estructuras las que conducen el agua** hacia la mina subterránea, alimentadas a partir del reservorio constituido por el acuífero del río Copiapó. Dada la orientación de las fallas principales sub verticales, estas formarían las vías preferenciales de flujo desde la parte más profunda del acuífero hacia las obras subterráneas ubicadas hacia el oeste del eje del valle. Del modelo se interpretó una zona de roca afectada por meteorización con un espesor promedio de 31 metros bajo el contacto grava-roca (zona gris Figura 5). Según las observaciones realizadas dentro de la Mina Alcaparrosa se concluye que las estructuras mayores y algunas estructuras intermedias serían las vías canalizadores de agua.

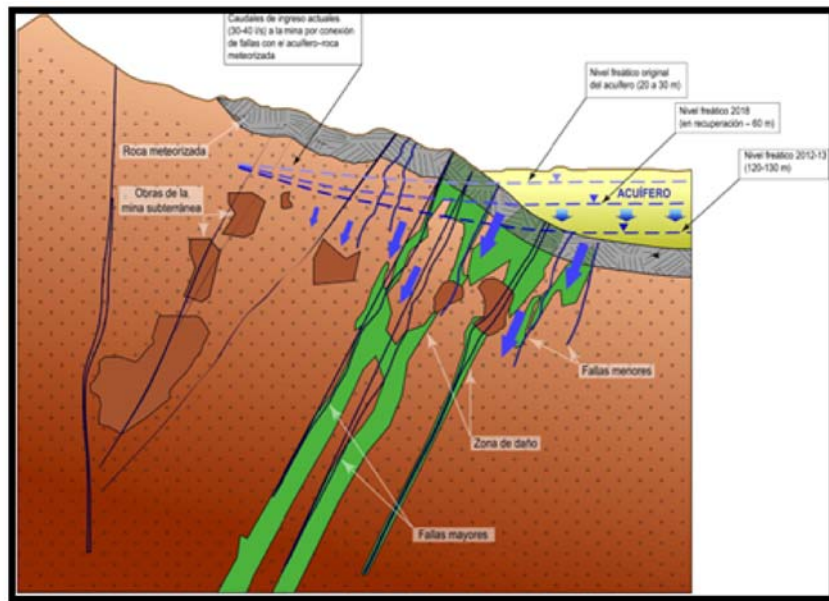


Figura 5 – Perfil W-E Modelo Hidrogeológico Conceptual CCMO

Fuente: CCMO

A su vez, del modelo conceptual de la Figura 5 se observa que el nivel freático ha presentado variaciones a lo largo del tiempo, atravesando parcialmente la zona de roca meteorizada que separa el macizo rocoso del acuífero, la cual es cortada a su vez por estructuras que permiten la conexión hidráulica entre estos dos sistemas. Esto demuestra la importancia de la conexión del acuífero con la mina subterránea, ya que, si no existieran estructuras que comuniquen estos dos sistemas, los caudales de ingreso corresponderían al drenaje de almacenamiento del macizo rocoso, con bajos flujos y caudales mayores de corta duración relacionados a la extracción de bolsones de agua almacenados en las fallas mayores. En complemento, los sondajes de exploración geológica con inclinaciones tanto positivas como negativas también canalizan el agua hacia la mina. La perforación de sondajes representa una vía preferencial de flujo hacia las labores subterráneas, aumentando el ingreso de agua a la mina.

Respecto del Proyecto de Explotación

La faena minera "Alcaparrosa" cuenta con la aprobación del método de explotación mediante Resolución Exenta N°2924 de fecha 20 de octubre de 2018, a favor de la Compañía Contractual Minera Ojos del Salado. La faena minera cuenta con una tasa de producción aprobada de 4.300 toneladas por día, dotación promedio de 420 personas y vigencia hasta el año 2022.

Método de Explotación – Diseño de caserones y Secuencia de Explotación

De acuerdo con lo aprobado por el Servicio, este método considera la explotación subterránea mediante Sub Level Stopping (SLS) variante Long Blasting Hole (LBH) dadas las características de mineralización existente en el área,

cuyo diseño responde a cuerpos vetiformes con una altura superior a 20 metros y extensión horizontal de al menos 25 metros. Dado lo anterior, se estimó el desarrollo de caserones con largos entre 25 a 85 metros, anchos entre 15 a 45 metros y alturas de 25 a 75 metros.

De acuerdo con las dimensiones y radios hidráulicos de los caserones Gaby 01, Gaby 04 y Gaby 12 entregados por la empresa a raíz de la investigación, se pudo verificar desviaciones en cuanto a los parámetros aprobados mediante Resolución Exenta N°2924. En particular, de la Figura 6 se advierte que el Caserón Gaby 01 presenta un largo máximo que alcanza los 95 metros y un ancho máximo que llega a 60 metros. Esta información se condice con el levantamiento topográfico respecto de este caserón, en donde se aprecia además una sobre excavación promedio de 9 metros en el techo de dicho caserón, lo que es corroborado con las notas geomecánicas entregadas por la empresa minera.

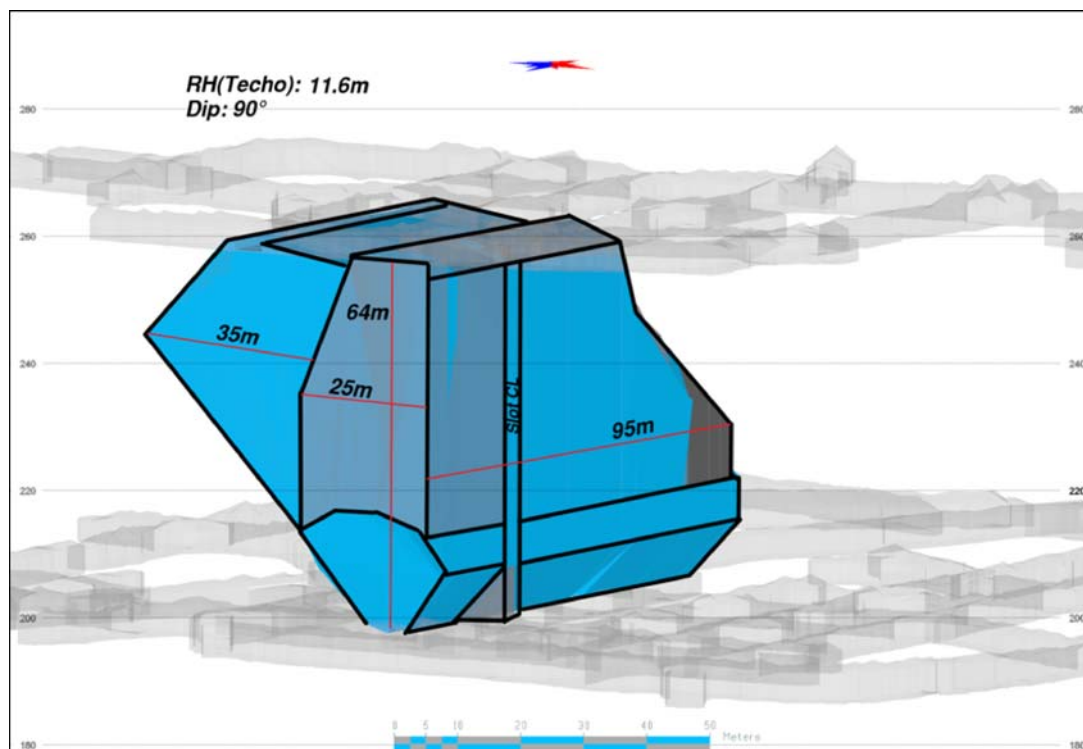


Figura 6 – Isométrico Nivel 270 Caserones Gaby 01, agosto 2022

Respecto del caserón Gaby 04, el último levantamiento topográfico fue realizado en octubre de 2021 por lo que, no se cuenta con información actualizada de las dimensiones reales del caserón. La información presentada de las dimensiones y radios hidráulicos producto de la investigación de este caserón son ideales, es decir, no se observa sobre dimensionamiento ni sobre excavación en las paredes y techos del caserón. Lo mismo ocurre con la información del caserón Gaby 12.

Respecto de la secuencia de explotación del caserón Gaby 04, la información elaborada por los distintos departamentos de la empresa minera y presentada al Servicio producto de la investigación, presenta diferencias

importantes en cuanto a los tonelajes extraídos y tronados, y secuencia de explotación, por lo que sólo es posible estimar rangos de valores de sobre excavación y sobre extracción en el caserón.

En los meses de agosto y septiembre de 2022 (posterior al evento), la empresa presentó al Servicio dos Planes de Producción distintos, correspondientes al período comprendido entre los años 2020-2022, de los cuales el primero señala una producción total de 298.040 toneladas extraídas, mientras que el segundo un total de 315.255 toneladas de mineral extraídas. Luego, está la Secuencia de Tronaduras que presenta un tonelaje total tronado de 221.513 toneladas. Finalmente, las notas técnicas de Geología y Geomecánica consideran Programas de Tronaduras trimestrales con una producción total de 250.765 toneladas de mineral tronadas, lo cual difiere tanto de los Planes de Producción como de la Secuencia y Programa de Tronaduras. Lo anterior da cuentas de una sobre excavación toda vez que los tonelajes totales tronados son menores a los tonelajes totales extraídos, así como también de una gestión deficiente de la información por parte de la empresa minera, quedando en evidencia la falta de comunicación entre los distintos departamentos que componen a la organización de CCMO.

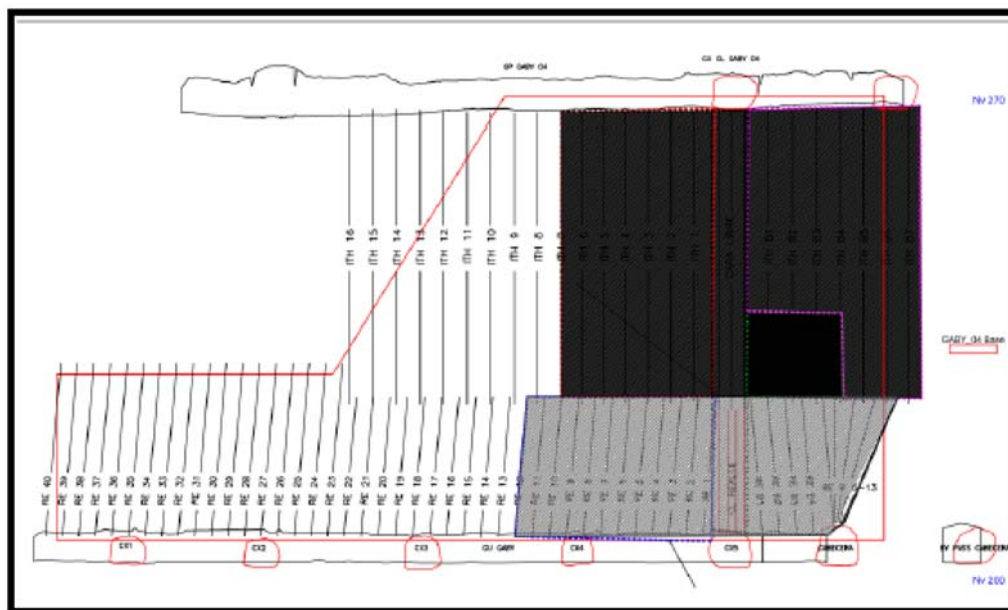


Figura 7 – Secuencia de tronadura Caserón Gaby 04 de fecha 18 de enero 2021 (última tronadura)

Fuente: CCMO

En ese sentido, la distribución de las tronaduras durante la explotación del caserón Gaby 04 difiere entre la Secuencia de Tronaduras y el Programa de Tronaduras considerado en las notas geomecánicas. Como ejemplo, se detectó que, según la Secuencia de Tronaduras, la generación de una cara libre mediante chimenea slot fue distribuida en varias tronaduras (6) entre noviembre y diciembre de 2020, comenzando con las tronaduras de producción en diciembre de 2020, mientras que el Programa de Tronaduras según Geología y Geomecánica señala que la generación de la cara libre se realizó durante agosto de 2020, comenzando con las tronaduras de producción en septiembre de 2020.

Por otra parte, la primera vez que se detecta una sobre excavación según las alertas geomecánicas fue en el segundo trimestre de 2021, presentando esta condición en el techo (ELOS 4-6 m) y pared frontal (ELOS-2-4 m) del caserón Gaby 04. Luego, el primer trimestre del 2022 se detectó una sobre excavación de las paredes Este en techo y caja de 5 a 10 metros, con una alerta de desprendimientos y condición estructural desfavorable con formación de bloques tipo cuña para las siguientes tronaduras, lo que da cuentas de una condición progresiva de sobre excavación al interior del caserón Gaby 04 durante su explotación. Adicionalmente, las notas geomecánicas señalan presencia de agua desde el inicio de la explotación del caserón Gaby 04, con caudales que varían entre 2-4 litros/segundo, así como también se señala la calidad mala a regular del macizo rocoso.

Por otro lado, según las recomendaciones de control en las notas geomecánicas, se debe realizar un levantamiento topográfico de Op-Tech antes y después de cada tronadura para llevar el control de las dimensiones del caserón, lo cual no fue realizado por la empresa en la última tronadura registrada en enero de 2022. Según la información entregada a raíz de la investigación, la última topografía registrada del caserón Gaby 04 fue levantada en octubre de 2021, en donde no se aprecia una sobre excavación mayor (caserón rojo Figura 8):

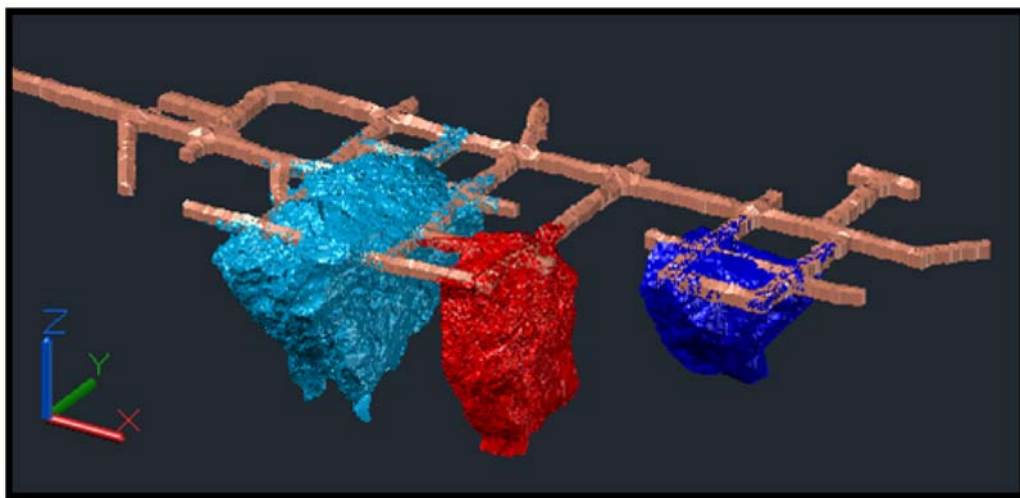


Figura 8 – Isométrico Nivel 270 Caserones Gaby 01, agosto 2022

Dado que, no existe registro de levantamiento topográfico asociado a las últimas tronaduras de enero de 2022 del caserón Gaby 04 (47.000 toneladas tronadas en total), no es posible conocer con exactitud el tonelaje de sobre excavación, toda vez que existen diferencias importantes entre los tonelajes extraídos y tronados registrados en los Planes de Producción y Programas de Tronadura de la empresa minera. No obstante, es posible afirmar que la situación de sobre excavación al interior del caserón Gaby 04 era una **condición progresiva** durante el desarrollo de la explotación, la cual fue detectada desde el 2Q del año 2021. Asimismo, de los tonelajes extraídos y tronados según los Planes y Programas de Producción y Tronadura presentados a raíz de la investigación, es posible estimar una sobre excavación al interior del caserón Gaby 04 variable entre 65.000 y 94.000 toneladas de mineral.

En ese contexto, puesto que el tonelaje extraído desde el comienzo de su explotación (agosto-septiembre de 2020

según los distintos informes) hasta antes de la última tronadura de enero de 2022 era de 177.000 toneladas y el tonelaje tronado durante el mismo período varía entre 174.000-203.000 toneladas (según los distintos registros de tronaduras de la empresa), podemos estimar que al momento de la última tronadura (enero de 2022) habían alrededor de 26.000 toneladas al interior del caserón (tonelaje remanente). En ese sentido, dado que el tonelaje total en la última tronadura fue de 47.000 toneladas (tonelaje tronado), se obtiene que el tonelaje a extraer al interior del caserón Gaby 04 era de 73.000 toneladas (tonelaje tronado + tonelaje remanente). Luego, considerando que entre enero y julio de 2022 se registró un tonelaje extraído entre 120.000 y 137.000 toneladas (según los distintos informes), es posible estimar una sobre extracción en condición de caserón vacío o con remanente de tronaduras previas (26.000 toneladas estimadas), lo que nos da como resultado un rango entre 47.000 a 90.000 toneladas sobre extraídas del caserón Gaby 04 desde la última tronadura de enero de 2022.

Tronadura

Respecto de las tronaduras de producción, en la Resolución Exenta N°2924 se estableció un factor de carga de 200 a 350 gr/ton. Por otra parte, el factor de carga para tronaduras de realce varía entre los 200 a 300 gr/ton. De acuerdo con la Cronología de Explotación del caserón Gaby 04 se observó que los factores de carga permitidos solo fueron superados en el caso de tronaduras asociadas a la generación de Cara Libre mediante el método de VCR, alcanzando hasta 3 veces lo permitido, mientras que los factores de carga para tronaduras de producción y realce se mantuvieron dentro de los límites establecidos.

Sin perjuicio de lo anterior, de acuerdo con la información disponible de topografía, secuencia de tronadura y alertas geomecánicas, es posible identificar que la sobre excavación guarda relación directa con la última tronadura registrada en enero de 2022, la cual presentó un factor de carga de 264 g/ton, dado que la última topografía del caserón Gaby 04 de octubre de 2021 no presentaba una sobre excavación fuera de los parámetros planificados por la empresa. Además, se debe considerar el aporte de las vibraciones por tronadura de los caserones Gaby 01 y Gaby 12 (caserones adyacentes a Gaby 04) desde la última tronadura en el caserón Gaby 04, los cuales se mantuvieron en producción hasta la ocurrencia del evento.

Sismicidad

La empresa presentó 2 estudios de modelamiento de vibraciones de PPV crítico en campo cercano, realizados en los Caserones Valentina 01 Nivel 180 (abril 2022) y Jocelyn 04 Nivel 190 (agosto 2022), los cuales tienen como objetivo establecer un modelo de vibraciones y criterio de daño para el tipo de roca en estos caserones, a través de la medición de vibraciones en campo cercano, basado en un modelo de vibraciones de Holmberg & Persson. De acuerdo con las recomendaciones indicadas en el estudio de vibraciones para el Caserón Valentina 01 se requiere que, a efectos de calibrar el modelo propuesto, se deben realizar estudios de fragmentación y evidenciar resultados de la tronadura según el criterio recomendado y medición de geometría final que comprenda diferentes etapas de la extensión de la unidad de explotación, entre otros puntos. Sin embargo, no existen evidencias del seguimiento de las recomendaciones realizadas para el modelo propuesto en el Caserón Valentina 01. Asimismo, en el estudio realizado para el Caserón Jocelyn 04 no existen recomendaciones al modelo obtenido.

Sin perjuicio de lo anterior, la empresa no presentó modelos de vibraciones para los Caserones Gaby 01, Gaby 04 y Gaby 12. Por lo tanto, surge del análisis que la información presentada es insuficiente para comprender la influencia de la sismicidad en el sector afectado por la subsidencia.

Matriz de Riesgo

El proyecto aprobado señala que los resultados obtenidos de la Matriz de Evaluación de Riesgo Geotécnico indican que la explotación de las unidades menores y aisladas se encuentra con riesgos tolerables. En la medida que las unidades se acercan hacia el Aluvio, intersectan estructuras importantes e interactúan entre ellas y la infraestructura, **las unidades representan riesgos tolerables hacia intolerables**. Se recomienda evaluar una **estrategia de explotación** que considere el desarrollo de estos eventos con tronaduras controladas y radios Hidráulicos excavados.

Recomendaciones según análisis de estabilidad

El proyecto aprobado señala que, los criterios de evaluación para la estimación de la ocurrencia de eventos de inestabilidad generados por deformación, por tronadura y derrumbe progresivo, **son conceptuales y están basados en la experiencia y en análisis empíricos**. En ese sentido, se recomendó para el Sector Sur Este realizar un **análisis de estabilidad a nivel ingeniera de básica y detalle**, contemplando una simulación numérica de la respuesta del macizo rocoso, geometrías y secuencia propuesta, estas permitirán evaluar la condición de estabilidad de geometrías resultantes, estimar las zonas de deformación y la condición de estabilidad de la infraestructura e instalaciones cercanas a la cavidades. Se identificaron alertas geotécnicas y se visualizaron potenciales impactos que tienen relación con:

- **Sobre excavaciones que comprometen infraestructura de explotación.**
- La pérdida de labores o riesgos en la infraestructura implica la no recuperación de algunas unidades de explotación, particularmente pilares.
- Los análisis geotécnicos indican un nivel de dilución que reduce las leyes comprometidas en el plan minero.

Estos impactos **hacen necesario definir estrategias que permitan la explotación de los distintos sectores del Sur Este** bajo mínimos riesgos geotécnicos. Se establecieron recomendaciones a la estrategia de explotación y parámetros de diseño al sector en estudio.

Como recomendación final, se debe señalar que el proyecto Sur Este necesita de un seguimiento continuo de sus características geotécnicas. Para orientar este seguimiento se debe implementar un **estudio de las características**

resistivas del macizo para validar las cavidades y su cercanía con el Aluvio, además se deben realizar **estudios detallados de las posibles infiltraciones de aguas subterráneas y zonas meteorizadas para validar su Crown Pillar**.

El proyecto de explotación señala que, los principales eventos de inestabilidad que afecten a las instalaciones e infraestructura minera no diseñadas aun, y que presente alguna condición de riesgo intolerable, están asociados a daños por deformación y **derrumbe progresivo** influenciados por el tamaño, posicionamiento, interacción con estructuras principales cercanía a grandes cavidades o ampliación de estas. De lo anterior resulta necesario establecer un plan de seguimiento y control que considere:

- Un sistema de instrumentación y monitoreo de tipo TDR y/o BRED, orientado a evaluar y controlar el avance del desconfinamiento de cajas y techos.
- Sistema de instrumentación y/o monitoreo del tipo celdas de cargas (SISC), orientado a evaluar y controlar los cambios tensionales en los niveles de producción y en el entorno de la infraestructura minera.
- La realización de levantamientos topográficos 3D de manera sistemática y continua (Optech, I-site, etc.) de manera de anticiparse a la ocurrencia de algún evento de inestabilidad (avance de sobre excavación)

Otras consideraciones

Finalmente, la Resolución Exenta N°2924 destaca además que “la Empresa deberá ejecutar y a dar total y cabal cumplimiento, en cuanto a los diseños y acciones de todas las obras detalladas en el Proyecto, por considerarse estos documentos complementarios a la presente Resolución”. Asimismo, en este documento se señala a la empresa que “deberá aplicar todos los procedimientos y medidas de seguridad, de acuerdo con sus propios Planes de Prevención de Riesgos e instructivos de seguridad, Programas de Monitoreo e Inspección, Reglamentos de Operaciones, acuerdos de Producción Limpia, Compromisos Ambientales, y **otras medidas que estime pertinentes, para que todas las operaciones se efectúen previniendo los riesgos de accidentes.**”

Respecto de la Medida Provisional

La medida provisional se mantendrá hasta que la empresa de cumplimiento total de las medidas requeridas por el Servicio mediante Resolución Exenta N°1333de fecha 04 de agosto de 2022, las cuales a la fecha de elaboración de este informe no han sido cumplidas en su totalidad.

6.4 Condiciones Generales de Seguridad en el lugar del accidente

El ingreso o la existencia de agua proveniente del acuífero hacia el nivel 270 ha sido una situación permanente desde la construcción de las galerías y en el proceso de explotación de los caserones del sector sur de Mina Alcaparrosa. De acuerdo con lo informado por la empresa durante la investigación y lo detectado en terreno, existen

evidencias de oxidación en las galerías de producción producto de escurrimiento de aguas, y de sondajes que drenan y descargan en el nivel 200.

La circulación de aguas por entre las rocas o estructuras generan condiciones negativas para la estabilidad de las galerías o caserones, dado que actúan lavando o ablandando el material de relleno generando presiones, lo que provoca pérdida de cohesión, estimulando de esta forma la desestabilización o desarme progresivo del macizo rocoso en el caso de condiciones de fuerte control estructural tal como en el caserón Gaby 04.



Figura 9 – Infiltraciones de agua Galerías de Producción Sector Gaby

Fuente: SERNAGEOMIN

Por otra parte, al fiscalizar el caserón Gaby 04 en su cabecera nivel 270, se advirtió una pared de material fragmentado a una distancia de 23 metros del eje del acceso principal el cual se encontraba abocado. También se pudo observar que el caserón Gabi 01 presentaba una sobre excavación considerable que dada la distancia del cierre de la ventana de extracción, no se pudo determinar con mayor precisión, pero que la empresa señala que corresponde a una altura de 10 a 15 metros. Otro hecho que se pudo constatar de este caserón es que su dimensión presentada en el plano es menor al real, ya que en plano su ancho llegaba hasta el segundo cruzado, sin embargo, este en la realidad había pasado el primer cruzado, contando de acceso principal hacia interior de caserón.

6.5 Elementos de resguardo en el lugar de trabajo

Con respecto a los elementos de resguardo en la faena minera Alcaparrosa, podemos mencionar que la empresa minera adoptaba las siguientes medidas:

- Realizaba Levantamientos topográficos 3D (Op-Tech, I-Site) GPS Topography (C-Als Hovermap) después de las tronaduras (ocasionalmente).
- Contaban con un equipo de Geomecánica y Geología, quienes realizaban los controles y proyecciones post-tronaduras a los puntos críticos y cerca de los caserones Gaby.
- Contaban con estación sísmica, con registros de sismicidad de caserones con puntos de instrumentación en superficie y reportes sísmicos mensuales del Institute of Mine Sismology.
- Monitoreaban de manera remota las vibraciones a través de la empresa Blast Report.
- Contaban con estaciones meteorológicas denominadas TAMA y MINA.
- Contrato para el proceso de imágenes de TERRASARX (imágenes de radar).
- Mediciones caudal mina durante la explotación de los caserones del Sector Gaby.
- Análisis de vibración en campo lejano con monitoreo en casco urbano de Tierra Amarilla.

Sin perjuicio de lo anterior, los elementos de resguardo implementados por la empresa minera no fueron suficientes para evitar el colapso del techo del caserón y posterior subsidencia en superficie.

6.6 Supervisión presente al momento del acc

- **Supervisión – Empresa Mandante**

Antecedentes personales	
Nombre completo	
Tipo de documento	
Fecha de nacimiento	
Nacionalidad	
Estado Civil	
Domicilio	
Teléfono de contacto	
Correo electrónico	
Antecedentes laborales	
Cargo según contrato	
Relación laboral	
Ocupación al momento del accidente	Jefe de Turno
Capacitaciones y entrenamiento recibido	- Inducción general de Seguridad. - Reglamento tránsito mina.
Observaciones	Sin observaciones.
Tiempo trabajando en minería	26 Años, 6 Meses, 30 Días
Tiempo trabajando en la faena	7 Años, 6 Meses, 30 Días
Tiempo trabajando en la empresa	18 Años, 2 Meses, 22 Días
Tiempo trabajando en el cargo	0 Años, 7 Meses, 30 Días

- **Supervisión – Empresa(s) Contratista(s):** No aplica.

VII. CONCLUSIONES Y CAUSAS

7.1 Causas Directas o Inmediatas

- **Actos inseguros o subestándar**

No hay Actos Inseguros o Subestándar

No existen actos inseguros

- **Condiciones inseguras o subestándar**

Diseñado inapropiadamente

Caracterización deficiente del nivel freático y litología en el sector Mina Alcaparrosa Sur. Ante la presencia de caserones sobre excavados y un nivel freático variable e importante en la cuenca del río Copiapó, se desconocían las dimensiones reales del Crown Pillar que separaba el macizo rocoso del acuífero, por lo que los diseños de caserones y pilares, así como la sobre excavación planificada no fueron suficientes para garantizar la condición de autoaporte del caserón Gaby 04. En particular, se detectaron las siguientes condiciones:

a) Geoestructurales: Presencia de sistemas estructurales convergentes que generan la formación de cuñas por sobre el techo del caserón Gaby 04, favoreciendo la sobre excavación del caserón. Además, dada la configuración y orientación de las estructuras mayores, éstas representan vías preferenciales de flujo hacia el interior de la mina.

b) Geotécnicas e hidrogeológicas: Macizo rocoso de calidad geotécnica variable entre regular y mala calidad, con presencia de infiltración de agua proveniente del acuífero ubicado sobre la zona de explotación.

c) Litológica: Presencia de capa sedimentaria en la misma vertical del caserón Gaby 04, la cual se encontraría próxima al caserón explotado, ocasionando cambios en el nivel tensional que provocarían la pérdida de sustentación del terreno.

7.2 Causas Básicas o de Origen

- **Factores personales**

No hay Factores Personales

No hay Factores Personales

- **Factores del trabajo**

Ingeniería inadecuada

El diseño de caserones y pilares de Mina Alcaparrosa se basó en un modelo geológico que identificaba una columna de roca cercana a 107 metros por sobre el techo del caserón Gaby 04 ubicado en el nivel 270 de Mina Alcaparrosa Sur, con una capa de acuífero de 92 metros desde el macizo rocoso a la superficie y una zona meteorizada de contacto roca-acuífero de 30 metros aprox. Esta información lleva a la empresa minera a diseñar una sobre excavación de 15 metros por sobre el caserón Gaby 04 que sobreestima las capacidades resistivas y autoaportantes del macizo rocoso, dado que en la práctica se desconoce la condición y alcance del Crown Pillar.

7.3 Fallas de Control administrativo

Controles de ingeniería

La empresa contaba con las notas geomecánicas trimestrales que advertían sobre la calidad del macizo rocoso y las características geotécnicas del sector "Gaby", donde se señala la mala calidad de roca, presencia de sistemas de fallas convergentes que formaban cuñas, sobre excavación en las paredes y techo del caserón e infiltración de agua hacia el interior de la mina, así como también el abocamiento total de la galería de perforación con material, posterior a la última tronadura realizada en enero de 2022. Sin embargo, no se detuvieron las operaciones hasta julio de 2022 y no hubo calibración del análisis de estabilidad con estudios de detalle y reevaluación de estrategias de extracción que consideren la influencia del nivel freático en los caserones Gaby 01, 04 y 12 a lo largo del desarrollo de las operaciones mineras, así como tampoco se realizaron estudios detallados para validar las características resistivas del macizo rocoso y el estado del Crown Pillar, tal como lo señala la Resolución Exenta N°2924/2018 en sus recomendaciones acerca del análisis de estabilidad.

7.4 Conclusión

El evento de subsidencia se debió principalmente a la sobre excavación del caserón Gaby 04, el cual presentaba una condición de inestabilidad con un alto grado de fracturamiento en un macizo rocoso de calidad geotécnica variable entre regular a mala, y a la ubicación espacial del caserón Gaby 04, el cual se encuentra debajo del acuífero de la cuenca del río Copiapó, y cuyo Crown Pillar (pilar corona o losa de seguridad de material rocoso) no se encontraba definido adecuadamente respecto de su estado, dimensiones y separación entre la litología de tipo gravas y rocas.

En consecuencia, ambos factores provocaron el derrumbe progresivo del caserón (se estiman por lo menos 65.000 toneladas de sobre excavación antes del evento), que debido al ingreso permanente de agua desde el acuífero a través de las estructuras mayores que servían como vías preferenciales de flujo (se estima del orden de 2-4 lt/s en este caserón), generaron las condiciones que provocaron el colapso definitivo de las paredes y techo del caserón, lo que hundió la columna de rocas y gravas del sistema, manifestando en superficie una "dolina" o subsidencia.

En complemento, se debe considerar el aporte de las vibraciones por tronadura de los caserones Gaby 01 y Gaby 12 (caserones adyacentes a Gaby 04) desde la última tronadura en el caserón Gaby 04, así como también las lluvias registradas los días previos al evento, que aportaron el caudal de ingreso suficiente al sistema roca-gravas hasta el caserón Gaby 04, favoreciendo el desprendimiento de material desde las paredes y techo de éste.

Una de las causas principales del evento guarda relación con la calidad de información geológica de entrada para la elaboración del proyecto minero, lo que conllevó a un diseño minero que sobre estimó las características resistivas y auto soportantes del macizo rocoso, y que no consideró el efecto del nivel freático en el desarrollo de la mina. No obstante, durante la ejecución del proyecto de explotación surgieron una serie de señales que daban cuenta de la condición de inestabilidad del caserón Gaby 04, tales como: sobre excavación de paredes y techo, galería de perforación tapada con material, infiltraciones de agua, presencia de estructuras convergentes para la formación de cuñas, etc. Sin embargo, la empresa continuó las operaciones de extracción y no estableció medidas de control como estudios y reevaluación del diseño, ni nuevas estrategias de extracción en consideración de las alertas operacionales y geomecánicas mencionadas anteriormente.

VIII. CONSTATACIONES OBSERVADAS

8.1 Hallazgos y medidas correctivas con ocasión de la investigación.

Instalación	MINA SUBTERRÁNEA
Descripción corta del hallazgo	No existencia de barreras duras que impidan la entrada al sector de la subsidencia.
Hallazgo	Se advierte en terreno que las barreras instaladas por la empresa son cintas de peligros y conos que no impiden de manera efectiva la entrada de personas y animales cerca de la zona de subsidencia.
Descripción corta de la medida correctiva	Construcción de cierre perimetral definitivo.
Medida Correctiva	La empresa minera deberá realizar las construcciones de cierre perimetral definitivo con distancia mínima de seguridad que impida el ingreso a la zona del evento. Además, deberá reforzar los deslindes y cierre perimetral de la propiedad del terreno en que se encuentra la zona de peligro, manteniendo permanente control y supervisión de su posible acceso al área de peligro, mientras exista riesgos de caídas a distinto nivel.
Plazo de cumplimiento efectivo	03-09-2022
Responsable	C.C. MINERA OJOS DEL SALADO
Tipo de empresa	Mandante
Estado de la medida correctiva	Cerrada
Instalación	MINA SUBTERRÁNEA
Descripción corta del hallazgo	No hay registro de actualización de análisis de estabilidad.
Hallazgo	No hay registro de actualización del análisis de estabilidad en detalle para los años de explotación (a partir del año 2020 al año 2022), donde se incluirían la variable del nivel freático para aquellas zonas o unidades que potencialmente pudieran presentar un nivel freático, según lo comprometido en adenda 1 que responde a Oficio Ord. N°956/2018 permiso sectorial SERNAGEOMIN continuidad operacional mina Alcaparrosa.
Descripción corta de la medida correctiva	Realizar y enviar al Servicio el análisis de estabilidad.
Medida Correctiva	La empresa minera debe realizar el análisis de estabilidad en detalle para los años de explotación de manera anual, donde se incluya la variable del nivel freático para aquellas zonas o unidades que potencial pudieran presentar un nivel freático.
Plazo de cumplimiento efectivo	03-09-2022
Responsable	C.C. MINERA OJOS DEL SALADO
Tipo de empresa	Mandante
Estado de la medida correctiva	Pendiente
Instalación	MINA SUBTERRÁNEA
Descripción corta del hallazgo	Subsidencia dentro de la propiedad minera.
Hallazgo	Subsidencia ocurrida el 30.07.2022 dentro de la propiedad minera de la faena minera Alcaparrosa, de 32 metros de diámetro y 64 metros de profundidad.
Descripción corta de la medida correctiva	La empresa deberá realizar mediante empresa certificada en el rubro, sondajes e informe técnico para poder determinar si la explotación minera del Caserón Gaby-04 insidió en el evento de superficie.

Medida Correctiva	La empresa deberá realizar una malla de sondajes en la zona de la subsidencia para poder determinar si hubo incidencia de alguna posible sobre excavación sobre el caserón Gaby-04 y/o bajo de la subsidencia ocasionada. Estos sondajes deberán entregar datos del material que compone la zona e informe técnico con análisis y conclusiones, y deberán ser coordinados previamente con el Servicio (Azimut, rumbo, distancia, metros, etc.)
Plazo de cumplimiento efectivo	03-09-2022
Responsable	C.C. MINERA OJOS DEL SALADO
Tipo de empresa	Mandante
Estado de la medida correctiva	Pendiente
Instalación	MINA SUBTERRÁNEA
Descripción corta del hallazgo	Se observa en terreno en labores mineras subterráneas, nivel 270 y nivel 200, infiltración de aguas que proviene de niveles superiores.
Hallazgo	Se observó en terreno que existe potencial peligro de remoción en masa en el nivel 270 y 200.
Descripción corta de la medida correctiva	Prohibición de trabajos de producción y desarrollo.
Medida Correctiva	Se prohíbe los trabajos de producción y desarrollo del nivel 270 y 200 (sector 'Gaby'), producto de una posible remoción en masa, hasta que se determinen las causas y se tomen las medidas preventivas y correctivas al respecto.
Plazo de cumplimiento efectivo	03-09-2022
Responsable	C.C. MINERA OJOS DEL SALADO
Tipo de empresa	Mandante
Estado de la medida correctiva	Pendiente
Instalación	MINA SUBTERRÁNEA
Descripción corta del hallazgo	No existe red de vértices Topográficos.
Hallazgo	Se constata la ausencia de vértices de apoyo o red topográfica de superficie, que permita el posicionamiento, control y georreferenciación inmediata de la zona de subsidencia.
Descripción corta de la medida correctiva	Se solicita Red de vértices Topográficos.
Medida Correctiva	Se solicita la monumentación de vértices de control Topográfico en Datum WGS-84 desde red primaria, para posteriores amarres y/o densificaciones de control, tanto en la zona de subsidencia como en el emplazamiento en general.
Plazo de cumplimiento efectivo	03-09-2022
Responsable	C.C. MINERA OJOS DEL SALADO
Tipo de empresa	Mandante
Estado de la medida correctiva	Cerrada
Instalación	MINA SUBTERRÁNEA
Descripción corta del hallazgo	Información Topográfica desactualizada.
Hallazgo	Se aprecia información topográfica incompleta en los planos solicitados para el nivel de interés, (Nv.270), pues las dimensiones de avance constatadas en terreno difieren de la información que se aprecia en los planos de topografía, al momento de realizar la inspección.
Descripción corta de la medida correctiva	Actualizar topografía en los planos de la faena minera.
Medida Correctiva	La empresa deberá aportar con la información actualizada respecto a la topografía de los avances y desarrollos en general.

Plazo de cumplimiento efectivo	03-09-2022
Responsable	C.C. MINERA OJOS DEL SALADO
Tipo de empresa	Mandante
Estado de la medida correctiva	Pendiente
Instalación	MINA SUBTERRÁNEA
Descripción corta del hallazgo	Control de elevaciones (Cotas).
Hallazgo	No se tiene claridad con respecto a la situación altimétrica, tanto del sector de superficie como de las labores subterráneas.
Descripción corta de la medida correctiva	Chequeo Altimétrico (cotas, elevaciones).
Medida Correctiva	Se solicita realizar chequeos altimétricos con reporte al SNGM de las elevaciones (cotas) existentes en los vértices de control topográfico de interior mina, para una eventual reasignación de valores de elevación y actualización de éstos, para una mejor determinación de las distancias verticales entre interior mina y superficie.
Plazo de cumplimiento efectivo	03-09-2022
Responsable	C.C. MINERA OJOS DEL SALADO
Tipo de empresa	Mandante
Estado de la medida correctiva	Pendiente

8.2 Hallazgos y medidas correctivas a consecuencia de la investigación.

Instalación	MINA SUBTERRÁNEA
Descripción corta del hallazgo	No hay evaluación sobre el efecto que tendrá el flujo que seguirá ingresando a la mina en la disponibilidad de aguas subterráneas en la cuenca.
Hallazgo	No hay una evaluación sobre el efecto que tendrá el flujo que seguirá ingresando a la mina en la disponibilidad de aguas subterráneas en la cuenca, tanto en el mediano, como en el largo plazo.
Descripción corta de la medida correctiva	Realizar evaluación sobre el efecto que tendrá el flujo que seguirá ingresando a la mina.
Medida Correctiva	La empresa deberá realizar una evaluación sobre el efecto que tendrá el flujo que seguirá ingresando a la mina en la disponibilidad de aguas subterráneas en la cuenca del Rio Copiapó, tanto en el mediano, como en el largo plazo.
Plazo de cumplimiento efectivo	30-04-2023
Responsable	C.C. MINERA OJOS DEL SALADO
Tipo de empresa	Mandante
Estado de la medida correctiva	Pendiente
Instalación	MINA SUBTERRÁNEA
Descripción corta del hallazgo	Incumplimiento de Resolución Exenta N° 2924/2018
Hallazgo	De acuerdo con la información aportada por la empresa para la investigación, se detectaron incumplimientos al Proyecto de Explotación aprobado mediante Resolución Exenta N°2924/2018, dado lo siguiente: Respecto del inciso b) del Resuelvo N°1 de la Resolución Exenta N°2924/2018, ítem denominado "Parámetros de diseño", se detectó que las dimensiones del caserón Gaby 01 presenta un

	<p>largo máximo que alcanza los 100 metros (superando en 15 metros el largo máximo permitido) y un ancho máximo que llega a 66 metros (superando en 20 metros el ancho máximo aprobado), con una sobre excavación promedio de 9 metros. Mientras que el caserón Gaby 12 presenta un ancho máximo de 55 metros (superando en 10 metros el ancho máximo permitido). Por otra parte, respecto del caserón Gaby 04 se estimó como mínimo una sobre excavación de 80.000 toneladas.</p> <p>Respecto del inciso b) del Resuelvo N°1 de la Resolución Exenta N°2924/2018, ítem denominado "Matriz de Riesgo Unidades de Explotación sector Alcaparrosa (SE)", se detectó que la empresa minera no evaluó una estrategia de explotación que considere el desarrollo de los caserones a medida que estas unidades se acercan al Aluvio e intersectan estructuras importantes que representen riesgos intolerables.</p> <p>Respecto del inciso b) del Resuelvo N°1 de la Resolución Exenta N°2924/2018, ítem denominado "Recomendaciones a implementar en los análisis de estabilidad sector Alcaparrosa Sur y Viviana", se detectó que la empresa no realizó un análisis de estabilidad a nivel de ingeniería básica y de detalle que permita evaluar la condición de estabilidad de los caserones en función de cavidades existentes y presencia del nivel freático. Además, no se realizó un seguimiento continuo de las características geotécnicas con estudios de las características resistivas del macizo rocoso para validar las cavidades y su cercanía con el Aluvio, además de estudios detallados de las posibles infiltraciones de agua y zonas meteorizadas para validar el Crown Pillar.</p> <p>Respecto del Resuelvo N°3 de la Resolución Exenta N°2924/2018, la empresa no aplicó las medidas necesarias para que todas las operaciones se efectúen previniendo los riesgos de accidentes, toda vez que permite la operación de caserones sobre dimensionados, no se evaluaron estrategias de extracción conforme al avance de explotación y cercanías con el Aluvio, ni se siguieron las recomendaciones respecto del análisis de estabilidad para la validación del Crown Pillar.</p>
Descripción corta de la medida correctiva	Respetar y cumplir con los permisos aprobados por el SERNAGEOMIN.
Medida Correctiva	La empresa deberá respetar lo aprobado por el SERNAGEOMIN y comprometido y/o informado en su proyecto de explotación referente a lo que señala el Hallazgo. La empresa deberá incorporar la información proporcionada por los distintos departamentos en sus estudios y evaluaciones para la planificación y diseño de las futuras unidades de explotación, en consideración particular del nivel freático y características geotécnicas del macizo rocoso.
Plazo de cumplimiento efectivo	30-04-2023
Responsable	C.C. MINERA OJOS DEL SALADO
Tipo de empresa	Mandante
Estado de la medida correctiva	Pendiente

IX. COMISIÓN INVESTIGADORA REGIONAL

Investigado por:



Alex Gutierrez Arquero
Dirección Regional Atacama
Servicio Nacional de Geología y Minería

Revisado por:



Franklin Cespedes
Dirección Regional Atacama
Servicio Nacional de Geología y Minería

Aprobado por:



CAROLINA RIQUELME TORRES
Director(a) Regional
Dirección Regional Atacama
Servicio Nacional de Geología y Minería

Fecha de Aprobación del Informe: 23 marzo 2023

X. ANEXOS Y EVIDENCIAS

[Programa SSO 2022 Operaciones Mina UG.pdf](#)
[Res. 2924 30.10.2018 Proyecto Actualizacion MINA RPM-19.1 5288.pdf](#)
[20221028 Informe Candelaria f- Sinkhole Final.pdf](#)
[Adenda 1 -Resp Of 956 PSAlcaparrosa rev.0.pdf](#)
[Informe Análisis de Estabilidad Geomecánico Caserones Gaby 01-04-12 y Cavidades 1N-2N-2W-4W Mina Alcaparrosa 2022 \(2\).pdf](#)
[Condición hidrogeologica Gaby 04 Alcaparrosa SNGM 17-ago-22.pdf](#)
[03-08-22 INFORME TOPOGRAFICO RED ALCAPARROSA \(1\) \(1\).pdf](#)
[Alcaparrosa ALEX 2.0.....docx](#)
[Condición hidrogeologica Gaby 04 Alcaparrosa SNGM 17-ago-22.pdf](#)
[Imagenes TERRASAX RADAR.zip](#)
[Resp 7 Analisis geomecánico de los niveles 270 y 200.zip](#)
[Resp 3 Plan de producción años.2020,2021 y2022.zip](#)
[Resp 2 secuencia de explotación Caserones..zip](#)
[Resp 04 diseño de tronadura de producción.zip](#)
[Respuesta antecedentes adicionales Acta 18.08.22.zip](#)
[46.Diagrama longitudinal..zip](#)
[43.planos UTM.zip](#)
[Estudio realizado para la estabilidad de caserones...zip](#)
[Planos estructurales Caserones, perfil transversal y longitudinal Caserones..zip](#)
[H7 Chequeo altimetria\).zip](#)
[Analisis de estabilidad.zip](#)
[Información actualizada topografica Alcaparrosa -H6.zip](#)
[Historial de caudales Mina.zip](#)
[Modelo hidrogeologico en que se incluyen los parametros, rendimiento esp. nive estatico.zip](#)
[Plano Subsistencia y volumen.zip](#)
[Planos de caserones N270 y200 Volumen antes y despues.zip](#)
[Estimación etapas de construcción y diseño del proyecto Gaby 04.zip](#)
[Determinar el Rol que juegan los esfuerzos.zip](#)
[Registro de estabilidad de Caserones Gabys.zip](#)
[Caracterización Geomecánica del área del Proyecto..zip](#)
[Caracterización Geomecánica del área del Proyecto..zip](#)
[43.planos UTM.zip](#)



Departamento de Investigación de Accidentes y Sanciones

Servicio Nacional de Geología y Minería | Sernageomin

www.sernageomin.cl