

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

APRUEBA EL PROYECTO “MINA A RAJO ABIERTO MANTOS DEL PACÍFICO”, DE LA EMPRESA COMPAÑÍA MINERA GATICO S.A., UBICADA EN LA COMUNA Y PROVINCIA DE TOCOPILLA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

SANTIAGO, 07 DE JULIO DE 2016

RESOLUCION EXENTA N° 1422

VISTO:

Las atribuciones otorgadas por el Decreto Ley N° 3525 de 1980, que Crea el Servicio Nacional de Geología y Minería; el D.F.L. N°1-19.653, de 2000, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que fija texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado; Ley N° 19.880, que establece Bases de los Procedimientos Administrativos que Rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado; lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 72 de 1985, “Reglamento de Seguridad Minera”, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado mediante el Decreto Supremo N° 132 de 2002, ambos del Ministerio de Minería; la Resolución Exenta N° 2374, del 04 de noviembre de 2014, del Servicio Nacional de Geología y Minería, que delega facultades que indica al Subdirector Nacional de Minería, a los Directores Regionales y a los Jefes de Oficinas Técnicas del Servicio Nacional de Geología y Minería; la Resolución N° 1.600, que fija normas sobre exención del trámite de toma de razón, de 2008 y el Dictamen N° 04881, de 1982, ambos de la Contraloría General de la República; la Resolución Exenta N° 2675, de 26 de octubre de 2015, del Servicio Nacional de Geología y Minería, que nombra al Subdirector Nacional de Minería; y

CONSIDERANDO:

1. La carta con fecha de recepción 22 de septiembre de 2015 y N° de Ingreso 8244, adjunta al Proyecto “Informe para aprobación de Mina a rajo abierto Mantos del Pacífico”, de la Empresa Compañía Minera Gatico S.A., enviada por el Sr. Juan Pablo Romero Prado, Gerente General de la Compañía, solicitando la aprobación del proyecto que se indica.
2. Información complementaria al Proyecto con fecha de entrada 08 de octubre de 2015 y N° de Ingreso 8796, ingresada por el Gerente General de Compañía Minera Gatico S.A., Sr. Juan Pablo Romero Prado.
3. Oficio Ordinario N° 2521 de fecha 11 de diciembre de 2015, en el cual se formularon observaciones al proyecto.
4. Respuestas a Observaciones de Ord. N°2521 realizadas por el Servicio, con fecha de entrada 22 de enero de 2016 y N° de Ingreso 1027, ingresada por el Gerente General de Compañía Minera Gatico S.A., Sr. Juan Pablo Romero Prado.
5. Visita Técnica a la zona donde se desarrollará el proyecto, realizada con fecha 21 de diciembre de 2015.
6. Oficio Ordinario N° 0629 de fecha 24 de marzo de 2015, en el cual se formularon nuevas observaciones al proyecto.
7. Respuestas a Observaciones de Ord. N°0629 realizadas por el Servicio, con fecha de entrada 12 de abril de 2016 y N° de Ingreso 3083, ingresada por el Gerente General de Compañía Minera Gatico S.A., Sr. Juan Pablo Romero Prado.

8. Que el Proyecto Mina a Rajo abierto Mantos del Pacífico, cuenta con las siguientes Resoluciones de Calificación Ambiental:
- Resolución Exenta N° 0221/2015 de fecha 29 de mayo de 2015 que califica favorablemente, la DIA “Mina Mantos del Pacífico”.
  - Consulta de pertinencia ambiental por cambio de ubicación de botadero, la cual según Servicio de Evaluación Ambiental, no debe ingresar al Servicio ya que no modifica sustantivamente la extensión, magnitud y duración de los impactos ambientales de los proyectos (Resolución Exenta N°0514/2015, de fecha 18 de diciembre de 2015).
9. Que el presente proyecto fue revisado técnicamente por la Dirección Zonal Norte de SERNAGEOMIN, según lo estipulado en el “Reglamento de Seguridad Minera” y cumple con las precauciones necesarias para otorgar estabilidad y seguridad a las instalaciones en su etapa de operación, velando por la protección de las personas.

RESUELVO:

1. **APRUEBASE** el proyecto “Mina a Rajo Abierto Mantos del Pacífico”, de la Empresa Compañía Minera Gatico S.A., RUT: 96.943.410-5, representada legalmente por el Sr. Juan Pablo Romero Prado, cuyas principales características Técnicas son las siguientes:
- a) **Ubicación:** El yacimiento Mantos del Pacífico se emplaza en la comuna y provincia de Tocopilla, II región. Dicho yacimiento se ubica a 56 kilómetros al sur de la ciudad de Tocopilla y a 142 kilómetros al norte de la capital regional, Antofagasta. Si se considera como referencia la ciudad de Tocopilla, para acceder al yacimiento se debe transitar por la ruta B-24, que une las ciudades de Tocopilla y Calama, hasta el kilómetro 17 punto en el cual se debe virar hacia el sur por la ruta B-172 (Barriles – Michilla) hasta el kilómetro 61, medido desde dicho cruce. Luego, en kilómetro 61 se debe virar hacia el oeste por un camino privado que mejorará la titular y de una extensión aproximada de 4,4 kilómetros. La distancia entre la planta de Mantos de la Luna y la mina Mantos del Pacífico es de 30 km aproximados.
- b) **Coordenadas:** De manera específica, se colocan a continuación las coordenadas en el sistema UTM WGS 84, Huso 19, de las diferentes instalaciones de la faena:

Área Rajo Mantos del Pacífico (90,85 hectáreas)		
Coordenadas UTM WGS 84, Huso 19		
Vértice	Norte	Este
AR 1	7.507.937	374.041
AR 2	7.508.011	374.350
AR 3	7.507.905	374.596
AR 4	7.507.681	374.636
AR 5	7.507.372	374.653
AR 6	7.506.814	374.816
AR 7	7.506.836	374.315
AR 8	7.506.985	373.934
AR 9	7.507.233	373.654
AR 10	7.507.462	373.785

Área de Acopio de Minerales (36.39 hectáreas)

Coordenadas UTM WGS84 – Huso 19		
Vértice	Norte	Este
AM1	7508013	378139
AM2	7508318	378435
AM3	7508060	378702
AM4	7507885	378533
AM5	7507645	378404
AM6	7507291	378113
AM7	7507736	377897

Área de Polvorín (0.53 hectáreas)

Coordenadas UTM WGS84 – Huso 19		
Vértice	Norte	Este
P1	7507301	375777
P2	7507335	375803
P3	7507304	375878
P4	7507245	375894
P5	7507227	375874
P6	7507261	375857

- c) **Pertenencias Mineras:** La pertinencias mineras que amparan el Proyecto se muestran en la Tabla siguiente.

CONCESIÓN	PROPIETARIO	ROL_NACIONAL
JUPITER 1 AL 3	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-0020-2
MANTOS DEL PACIFICO 1-18	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-0027-K
LEFNEI 1 AL 20	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-0790-8
REFUGIO 1 AL 75	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-0879-3
SANTA INES 1 AL 50	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-1071-2
MANTOS LA MAR 1 AL 45	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-1073-9
LAS CAÑAS I 1 AL 20	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-1370-3
LAS CAÑAS II 1 AL 15	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-1371-1
LAS CAÑAS III 1 AL 16	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-1372-k
LAS CAÑAS IV 1 AL 30	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-1373-8
LAS CAÑAS V 1 AL 21	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-1374-6
LAS CAÑAS VI 1 AL 14	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-1375-4
VICENTE 1 AL 40	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-1425-4
VALERIA IV 1 AL 80	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-1811-K
VALERIA V 1 AL 80	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-1812-8
VALERIA VI 1 AL 80	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-1813-6
VALERIA VII 1 AL 80	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-1814-4
VALERIA VIII 1 AL 80	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-1815-2
VALERIA IX 1 AL 80	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-1816-0
CAMILA 1, 1 AL 10	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-2176-5
CAMILA 2, 1 AL 20	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-2177-3
CAMILA 3, 1 AL 33	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-2178-1
CAMILA 5, 1 AL 30	CIA. MINERA GATICO S.A.	02101-2180-3

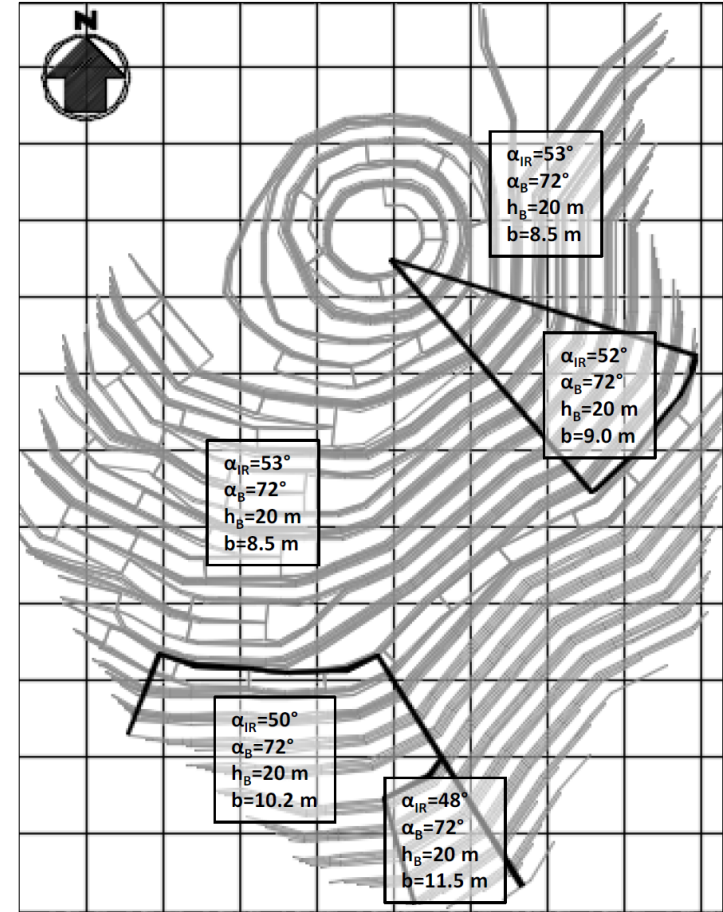
- d) **Servidumbres Mineras:** En Tocopilla, a cinco de enero del año 2016, se presenta para su inscripción Servidumbre Legal Provisoria, en causa Rol C-495-2015 del Juzgado de Letras de Tocopilla, por el cual consta que ha lugar a la servidumbre provisoria solicitada por “Compañía Minera Gatico S.A.”, sociedad contractual minera del giro de su denominación, Rol Único Tributario: 96.943.410-5, representado por don Juan Pablo Romero Prado, cédula de identidad: 5.193.252-8, ambos con domicilio para estos efectos, en la comuna de Tocopilla, calle Barros Arana N° 1509, Tocopilla. En tabla siguiente se muestra los vértices que encierran el área por el cual se ha solicitado Servidumbre Minera.

Coordenadas UTM –Datum La Canoa de1956 (PSAD 56), ambos Huso 19, Sector Pampa Barriles que determina el perímetro de extensión necesaria en Servidumbre.					
Vértice	Norte	Este	Vértice	Norte	Este
V1	7.508.675,887	379.249,365	V30	7.507.551,685	374.163,154
V2	7.508.618,736	379.249,089	V31	7.507.695,649	374.080,888
V3	7.508.630,841	379.160,147	V32	7.507.910,193	374.145,751
V4	7.508.229,186	378.756,114	V33	7.508.088,048	374.414,113
V5	7.508.027,817	378.694,328	V34	7.508.330,944	374.435,268
V6	7.507.583,040	378.335,561	V35	7.508.601,240	374.544,594
V7	7.507.640,771	377.996,262	V36	7.508.571,267	374.799,931
V8	7.507.779,342	377.882,112	V37	7.508.431,235	375.062,781
V9	7.507818,307	377.649,273	V38	7.507.840,988	375.056,943
V10	7.508.003,580	377.249,081	V39	7.507.842,143	375.138,115
V11	7.507.902,457	376.630,008	V40	7.508.245,969	375.438,167
V12	7.508.108,216	376.356,463	V41	7.508.480,868	375.856,130
V13	7.508.171,650	376.198,242	V42	7.508.421,786	375.959,463
V14	7.508.116,077	376.060,876	V43	7.508.270,151	375.959,463
V15	7.508.222,900	375.904,495	V44	7.508.185,517	376.059,032
V16	7.508.365,518	375.859,276	V45	7.508.232,771	376.196,734
V17	7.508.110,063	375.327,887	V46	7.508.161,925	376.403,410
V18	7.507.986,094	375.743,164	V47	7.507.976,764	376.626,778
V19	7.507.415,948	376.374,258	V48	7.508.059,344	376.995,734
V20	7.507.158,400	376.280,055	V49	7.508.058,284	377.390,390
V21	7.506.938,127	376.042,755	V50	7.508.125,000	377.390,000
V22	7.506.790,348	375.989,711	V51	7.508.125,000	377.700,000
V23	7.506.799,446	375.838,691	V52	7.507.896,627	377.700,000
V24	7.507.037,295	375.987,444	V53	7.507.830,078	377.905,967
V25	7.507.293,524	376.248,110	V54	7.507.708,729	378.010,817
V26	7.507.910,803	375.622,655	V55	7.507.660,351	378.286,855
V27	7.507.384,349	375.216,378	V56	7.508.059,295	378.610,625
V28	7.507.383,644	375.097,287	V57	7.508.256,875	378.708,924
V29	7.507.322,665	374.529,275	V58	7.508.682,409	379.136,460

- e) **Descripción del Proyecto Minero:** El presente proyecto tiene como propósito explotar, mediante rajo abierto, la mina o yacimiento Mantos del Pacífico, que es amparado por concesiones mineras de la titular del proyecto, para complementar el abastecimiento de minerales oxidados de cobre a la planta de beneficio de minerales Mantos de la Luna a fin de alcanzar una producción de 28.000 toneladas de cátodos al año. La explotación se hará a una razón de 1.020.000 toneladas de mineral al año, durante un período de 5 años.
- f) **Sistema de Explotación:** El sistema de explotación se realiza a cielo abierto. El proyecto Mantos de Pacífico se caracteriza por ser un rajo angosto y que ganará en profundidad rápidamente en la medida que se avanza en la vida del proyecto. La altura de trabajo de los bancos en explotación será de 5 metros en sectores de producción y de 10 metros en sectores de desarrollo (stripping). Posteriormente se cuadruplicarán o duplicarán respectivamente.

Parámetros de diseño proyecto Mantos del Pacifico		
Parámetros	Unidad	Cantidad
Ancho rampa transporte	Metros	12.0
Pendiente rampa transporte	%	10.0
Ancho de berma	Metros	8.5, 9.0, 10.2
Altura de banco	Metros	20.0
Quebradura	Metros	6.5
Angulo cara de banco	(°)	72.0
Angulo inter rampa	(°)	50 - 53

Zonificación de los Parametros de Diseño Geotecnico del Rajo



Donde αIR: Ángulo inter-rampa; αB: Ángulo de la cara del banco; hB: Altura de banco; b: Ancho de berma

Parámetros operacionales equipo de perforación

Ítem	Unidad	Total
Cálculo de explosivo por pozo		
diámetro de perforación	pulgadas	5.5
	m	0.140
área del pozo	m	0.015
volumen por metro	m	0.015
densidad de carga del explosivo	gr/cc	0.8
densidad de carga del explosivo/m	kg	12.26
FC	gr/ton	200
Taco	m	2.5
Densidad Rx	ton/m3	2.6
H banco	m	5
Pasadura	m	0.6
Metros a perforar por pozo	m	5.6
EXB	m2	14.62
Ton a remover por pozo	ton	190.07
Disponibilidad Física Perforadora	%	0.7
Utilización	%	0.7
Hrs. Efectiva día	Hrs	11.76

Número de equipos de perforación por periodo

Ítem	Unidad	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
N° pozos/día	pozos	67	84	84	84	41
Mts. A perforar día	metros	374	468	470	470	227
Rend. Perfo.	m/hr	19.8	19.8	19.8	19.8	19.8
Req. Día	m/día	233	233	233	233	233
N° perforadoras	Un	2	3	3	3	1

g) **Equipos:** En las siguientes tablas se muestran los requerimientos de equipos.

Requerimiento de equipos auxiliares

Equipo	Capacidad	Cantidad
Bulldozer	464 HP	2
Motoniveladora	174 HP	1
Camion aljibe	25.000 lts.	2

Resumen requerimiento de equipos mina

Equipo	Unidad	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Camiones	Un	13	20	23	25	14
Excavadoras	Un	2	2	2	2	1
Cargador Frontal	Un	1	1	1	1	1
Bulldozer	Un	2	2	2	2	2
Motoniveladora	Un	1	1	1	1	1
Camión aljibe	Un	2	2	2	2	2
Perforadoras	Un	2	3	3	3	1
TOTAL EQUIPOS	Un	23	31	34	36	22

h) **Análisis de Estabilidad de Taludes:** Los análisis de estabilidad se realizan considerando la sectorización del Rajo de acuerdo con distintas Unidades Geotécnicas y condiciones geométricas representativas de los taludes presentes; para inestabilidades a nivel de banco-berma, inter-rampa y global. Para tales efectos se utilizan softwares de evaluación estructural tales como Swedge y Rocplane, así como aproximaciones del tipo “General Equilibrium Method” (GLE), para el análisis de condiciones pseudo-estructurales que combinan los efectos de estructuras y macizo rocoso, mediante el uso del software Slide.

**Criterio de aceptabilidad:** Los criterios de aceptabilidad se definen de acuerdo a lo indicado en la práctica de la industria minera en lo que a estabilidad de taludes se refiere. La Tabla siguiente muestra el resumen de los criterios de aceptabilidad definidos por Read & Stacey (2009) y que son considerados para el Proyecto Mantos del Pacífico.

Criterios de Aceptabilidad

Escala	Consecuencia de la Falla	Factor de Seguridad (mínimo)		Probabilidad de Falla (máximo)
		Estático	Dinámico	P(FS ≤ 1)
Banco	Baja - Alta	1.1	N.A.	25% - 50%
Inter-rampa	Baja	1.15 - 1.2	1.0	25%
	Media	1.2	1.0	20%
	Alta	1.2 - 1.3	1.1	10%
Global	Baja	1.2 - 1.3	1.0	15% - 20%
	Media	1.3	1.1	5% - 10%
	Alta	1.3 - 1.5	1.1	5%

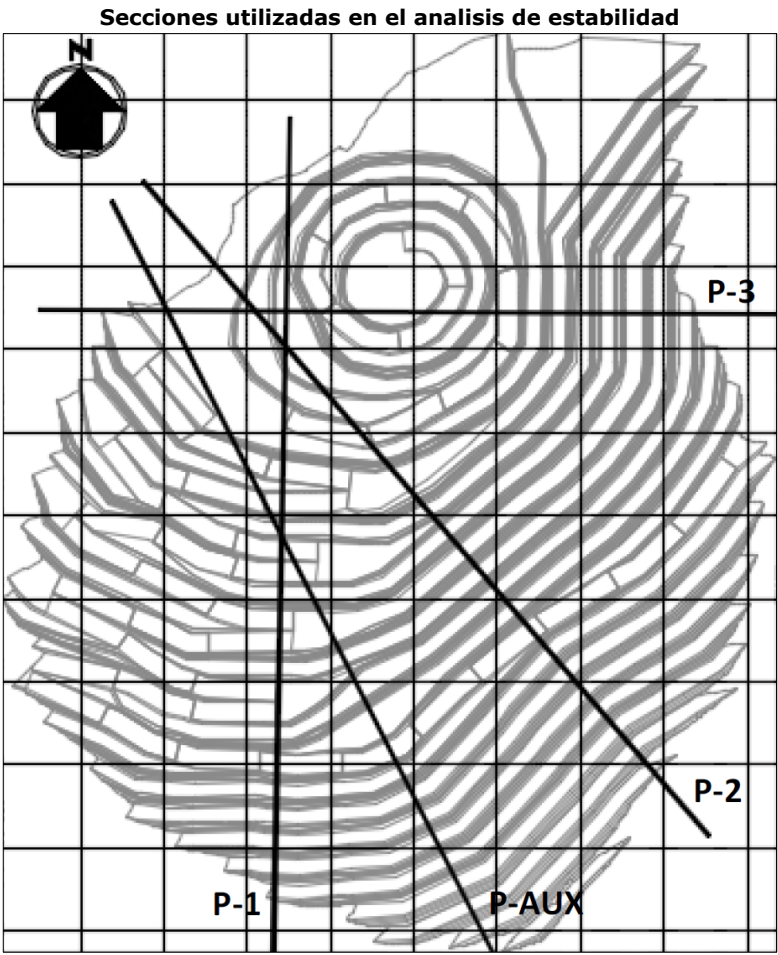


**Coeficiente Sísmico:** Los coeficientes sísmicos horizontales considerados en los análisis se muestran en la siguiente tabla.

Aceleración máxima A <sub>máx</sub> (m/s <sup>2</sup> )	Constante de gravedad g (m/s <sup>2</sup> )	Coeficiente sísmico	
		Sismo de Operación	Sismo Max. Probable
4.0	9.81	0.05	0.12

**Análisis Global:** Para realizar el análisis de estabilidad, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones y supuestos de diseño.

- Se consideran las secciones de análisis que se muestran en la figura de más abajo, las cuales fueron definidas por ser las más representativas tanto para las distintas direcciones del talud del rajo, como para la zona con deslizamiento planar a nivel inter-rampa superior.
- Las evaluaciones de estabilidad se realizan a través de secciones geotécnicas elaboradas por FF Geomechanics, a partir de la información disponible a la fecha.
- Se estimaron las propiedades de resistencia y deformación de las unidades geotécnicas utilizando la metodología propuesta por Hoek et al. (2002).
- Se realizaron análisis de estabilidad de tipo estático, como también pseudoestático (sísmico). Este último tipo de análisis se caracteriza por coeficientes sísmicos horizontales de 0.05 (para el caso de sismo de operación) y 0.12 (para el caso de sismo máximo).
- Se estimó el espesor de la zona afectada por tronadura en 15 metros.
- Se incluyó grieta de tracción en la parte superior del talud.
- Se incluyó el efecto de los sistemas de diaclasas en el análisis de estabilidad, a través de la resistencia direccional o anisotropía estructural.
- No se consideró la presencia de un nivel freático, ya que en la caracterización geotécnica realizada, no se observaron niveles de humedad ni presencia de agua.
- Se consideró el criterio de aceptabilidad propuesto en “Guidelines for open pit slope design” Read & Stacey, (2009) para taludes inter rampa y global con una consecuencia de falla media.
- Se evaluó la estabilidad del talud en función del factor de seguridad (FS) y probabilidad de falla (PF) asociada.
- Para evaluar la probabilidad de falla asociada, se emplea el método de Duncan (2000), considerando un coeficiente de variación de 10% y 40% para el ángulo de fricción y la cohesión, respectivamente. Además, se considera una variación de 5° para el manto de las estructuras consideradas en la resistencia direccional.



**Resultados del Análisis de Estabilidad:** En la primera tabla que se muestra a continuación, se presentan los resultados del análisis de estabilidad al diseño original, en la segunda tabla se muestran los resultados con la modificación 1 al diseño y en la tercera tabla se muestran los resultados con la modificación 2 al diseño.

Sección	Estático		Sismo Operación		Sismo Máximo	
	Factor de Seguridad	Probabilidad de Falla	Factor de Seguridad	Probabilidad de Falla	Factor de Seguridad	Probabilidad de Falla
1	1.22	1.0%	1.13	15.4%	1.03	28.2%
Aux	0.99	49.5%	0.90	57.0%	0.94	76.2%
2	1.64	11.4%	1.50	13.3%	1.34	19.0%
3	5.37	0.2%	5.13	0.3%	5.09	0.3%

A partir de los resultados obtenidos y considerando como criterio de aceptabilidad un  $FS \geq 1.2$  (condición estática),  $FS \geq 1.0$  (condición sísmica) y una  $PF \leq 20\%$  se tiene lo siguiente:

- La sección 1 no cumple el criterio de aceptabilidad establecido.
- La sección Aux, correspondiente al sector de potencial ocurrencia de deslizamiento planar a nivel inter-rampa superior, no cumple el criterio de aceptabilidad.
- Las secciones 2 y 3 cumplen el criterio de aceptabilidad.



Al variar el ángulo inter-rampa de 53° a 50° en las secciones 1 y Aux, se tiene lo siguiente:

Resultados del análisis de estabilidad realizado al diseño con modificación 1

Sección	Estático		Sismo Operación		Sismo Máximo	
	Factor de Seguridad	Probabilidad de Falla	Factor de Seguridad	Probabilidad de Falla	Factor de Seguridad	Probabilidad de Falla
1	1,38	7,7%	1,29	11,6%	1,14	20,0%
Aux	1,22	16,7%	1,07	33,8%	0,96	72,3%

- La sección 1 cumple el criterio de aceptabilidad establecido.
- La sección Aux no cumple el criterio de aceptabilidad, debido a generación de potencial del deslizamiento planar, lo que concuerda con el análisis estructural (cinemático) realizado.
- Para la sección Aux se recomienda lo siguiente: Generar una berma de seguridad de 20 metros para contención de posibles derrames asociados a la inestabilidad; implementar un cambio geométrico de diseño para cumplir con los criterios de aceptabilidad geotécnica; uso de tronadura de control de pared; diseñar e implementar un plan de instrumentación y monitoreo geotécnico para mitigar el riesgo asociado a esta condición.

Con el propósito de cumplir con los criterios de aceptabilidad geotécnica (Read y Stacey, 2009), se realiza una nueva simulación considerando cambios geométricos (diseño mejorado), en el sector de potencial ocurrencia de falla planar (sección Aux). De esta forma, los cambios son los siguientes:

- Se modifica el ángulo inter-rampa de 50° a 48°.
- Se diseña una berma de seguridad ampliada, con un ancho de 20 metros.

Los resultados de la nueva simulación realizada se muestran en la siguiente tabla:

Resultados del análisis de estabilidad realizado al diseño con modificación 2

Sección	Estático		Sismo Operación		Sismo Máximo	
	Factor de Seguridad	Probabilidad de Falla	Factor de Seguridad	Probabilidad de Falla	Factor de Seguridad	Probabilidad de Falla
Aux Mod.	1,26	0,2%	1,16	2,4%	1,04	20,0%

**Conclusiones:** Las conclusiones que se indican en el estudio de estabilidad son las siguientes.

Respecto al análisis de estabilidades a nivel banco-berma:

- El análisis cinemático de las combinaciones estructurales, indica la formación de inestabilidades tales como: deslizamientos planares, cuñas y volcamientos flexurales.
- Las bermas de 8.5 metros cumplirían su función de diseño al contener los derrames de las posibles inestabilidades con control estructural que pudiesen ocurrir.
- En algunas direcciones del talud se generan condiciones en las cuales la berma no contiene un 100% del volumen total de material de derrame. Sin embargo, la cantidad de material que podría pasar al banco inferior sería mínima, ya que la retención en estos casos es superior al 85%.

Respecto al análisis de inestabilidades a nivel inter-rampa:

- El análisis cinemático de las combinaciones estructurales indica la formación de inestabilidades (macro-bloques), asociados a deslizamientos planares y cuñas.
- La falla planar en la dirección de 0° estaría afectando el sector inter-rampa superior del rajo, por lo que se debe variar el ángulo inter-rampa de 53° a 50° en ese sector, generar una berma de seguridad de 20 metros para contención de los posibles derrames de la inestabilidad, uso de tronadura de control de pared, además de implementar un plan de instrumentación y monitoreo geotécnico, para mitigar el riesgo asociado a esta inestabilidad.
- La falla planar en la dirección de 31°, estaría afectando el sector inter-rampa superior del rajo, pero es contenida por la berma de diseño.
- La cuña en la dirección de 307° estaría afectando a nivel del inter-rampa inferior del rajo, por lo que se debe variar el ángulo inter-rampa de 53° a 52° en ese sector, de tal forma de eliminar la formación de esta cuña.

**Recomendaciones:** La empresa deberá llevar a cabo las siguientes recomendaciones generadas en el estudio de estabilidad.

- La cuña en la dirección de 307° estaría afectando a nivel del inter-rampa inferior del rajo, por lo que se debe variar el ángulo inter-rampa de 53° a 52° en ese sector, de tal forma de eliminar la formación de esta cuña.
- Se recomienda variar el ángulo inter-rampa de 53° a 50° para el sector asociado a la sección 1, con el propósito de cumplir con el criterio de aceptabilidad.
- Para el sector asociado a la sección Aux (sector inter-rampa superior), afectado por la falla planar en la dirección de 0°, se debe variar el ángulo inter-rampa de 53° a 50°, generar una berma de seguridad de 20 metros para la contención de los posibles derrames asociados, uso de tronadura de control de pared, además de implementar un plan de instrumentación y monitoreo geotécnico, para mitigar el riesgo asociado a esta inestabilidad.
- En consecuencia, se recomienda implementar los diseños de acuerdo con la propuesta geotécnica, que se entrega.
- Finalmente, se recomienda desarrollar post evaluaciones y back-análisis permanentes de las condiciones geotécnicas presentes, a medida que se vaya recopilando nueva información para el proyecto.

i) **Análisis de Estabilidad Botaderos:** Se realizaron análisis estáticos y pseudo-estático (sísmicos). Estos últimos caracterizados por coeficientes sísmicos horizontales de 0.15 g y 0.08 g, para los casos de sismo máximo probable y sismo de operación, respectivamente. El análisis de estabilidad se realiza en base a métodos de equilibrio límite utilizando el software Slide.

**Suelo de Fundación:** El suelo de fundación de los botaderos se encuentra constituido por rocas andesíticas fuertemente fracturadas y con una resistencia de la matriz rocosa moderada (And-Sup). Bajo esta capa subyace una secuencia de rocas andesíticas con moderado a bajo fracturamiento y con una resistencia de la matriz rocosa que varía de moderada a alta (And-Inf). En el fondo o parte inferior de las quebradas (donde se emplazarán los Botaderos 1 y 2), así como en las depresiones de la meseta en la cual se ubicará el Botadero Superior, aparecen materiales de tipo aluvial-coluvial pobremente estratificado, compuesto por cantos centimétricos de rocas andesíticas y fragmentos de cuarzo, en una matriz limo-arcillosa enriquecida en óxidos de hierro (Al-Col).

Propiedades geotécnicas definidas para el suelo de fundación			
Unidad	Peso Específico (KN/m³)	Cohesión (KPa)	Fricción (°)
Aluvio-Coluvio	17	120	30
Andesita Superior	25	1000	35
Andesita Inferior	27	2000	38

**Material Constituyente del Botadero:** La determinación del enrocado constituyente de los Botaderos se realiza a partir del uso de la recta Promedio de Leps (1979), según los cálculos desarrollados en el Informe FFGeo-MDLL-006\_2015 Rev 1 de diciembre de 2015. Para el análisis se considera un bajo rango de confinamiento interno del material, de tal forma que fuera posible determinar las siguientes propiedades para el enrocado constituyente de los botaderos.

Resumen de propiedades de enrocado para Botaderos		
Peso Específico (KN/m³)	Cohesión (KPa)	Fricción (°)
20	10	45

**Coefficientes sísmicos:** Los coeficientes sísmicos fueron calculados a partir de la base histórica de eventos ocurridos en el área de estudio, de acuerdo con las especificaciones entregadas en el Informe FFGeo-MDLL-006\_2015 Rev 1 de diciembre de 2015.

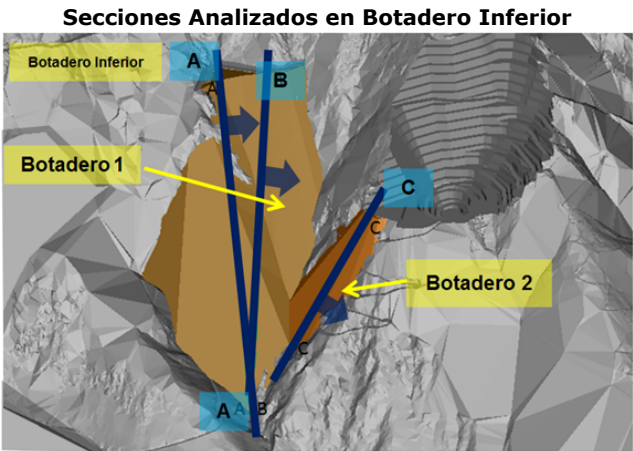
Coeficientes sísmicos calculados		
Sismo	Aceleración Máxima	Coefficiente Sísmico
Operación	0,25g=2,48(m/s²)	0,08
Máximo Probable	0,49g=4,8(m/s²)	0,15

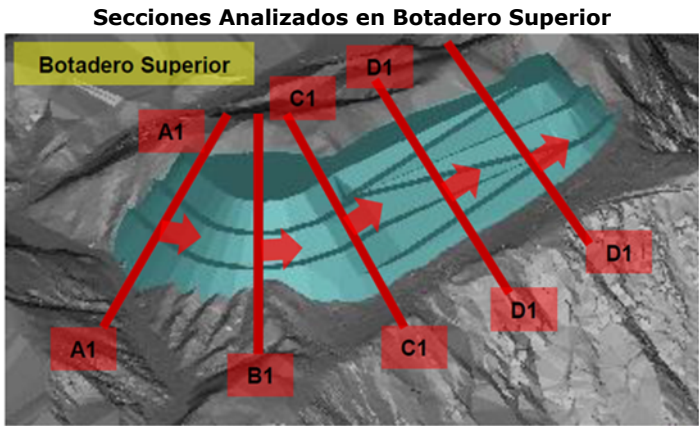
Para el desarrollo del análisis de estabilidad se contemplaron una serie de supuestos y consideraciones de diseño, los cuales se citan a continuación:

- Se analizan las Secciones A-A', B-B' para el Botadero 1 y C-C' para el Botadero 2.
- Se analizan las Secciones A1-A1', B1-B1', C1-C1', D1-D1' y E1-E1' para el Botadero Superior.
- Se consideran las propiedades geotécnicas del suelo de fundación y cuerpo del botadero.

- El análisis de estabilidad se realiza en base a métodos de equilibrio límite utilizando el software Slide.
- Se considera la condición hipotética de generación de grietas de tracción en la parte superior más elevada (o “cresta”) del botadero, al ser afectado por un potencial problema de estabilidad.
- Se realizan análisis estáticos y pseudo-estático (sísmicos). Estos últimos caracterizados por coeficientes sísmicos horizontales de 0.15 g y 0.08 g, para los casos de sismo máximo probable y sismo de operación, respectivamente.
- Para el análisis de estabilidad de botaderos se utiliza el método GLE (“General Limit Equilibrium”), según los autores Morgenstern-Price, que permite obtener resultados más completos, debido a que consideran el equilibrio de fuerzas y momentos actuantes.
- La estabilidad de botaderos se evalúa en base al factor de seguridad y probabilidad de falla. Para tales efectos se utilizan las rutinas del software Slide para definición de variabilidad de parámetros de entrada, y simulación de probabilidad mediante técnica del “Hiper cubo Latino”, con 5000 iteraciones.
- La variabilidad de los parámetros de entrada se define según los criterios de Duncan (2000), de tal forma que los Coeficientes de Variación (COV) para la Fricción y Cohesión, corresponden a 15% y 25%, respectivamente.
- De acuerdo con las informaciones de campo, no se evidencia la presencia de agua, por lo que se establece que el nivel freático existente sería profundo, de tal forma que no afecta directamente la estabilidad del botadero.
- Se consideran los criterios de aceptabilidad definidos por Karzulovic et al (1989) y Karzulovic & Hormazabal (2000), para botaderos de lastre mineros, que se presentan en la Tabla siguiente.(Tabla 4)

Criterios de Aceptabilidad		
Condición	Factor de Seguridad(FS)	Probabilidad de Falla(Pf)
Estática	$FS \geq 1,2$	$Pf \leq 10\%$
Sísmica Operacional	$FS \geq 1,1$	$Pf \leq 25\%$
Sísmica Extrema	$FS \geq 1,0$	$Pf \leq 50\%$





**Resultados de análisis de estabilidad de botaderos:** Los resultados de análisis de estabilidad de Botadero del Proyecto Mantos del Pacífico, correspondientes a Factor de Seguridad (FS) y Probabilidad de Falla (Pf), para cada una de las condiciones simuladas (estáticas y pseudo-estáticas) son los siguientes:

Resultados de análisis de estabilidad de Botadero Modificado de Proyecto Mantos del Pacífico			
Botadero y Sección de Análisis	Condición de análisis		
	Estática	Sismo operación (SOP)	Sismo máximo probable (SMAX)
Criterio de aceptabilidad	FS ≥ 1.2 Pf ≤ 10%	FS ≥ 1.1 Pf ≤ 25%	FS ≥ 1.0 Pf ≤ 50%
Botadero Inferior 1 A-A'	FS = 2.10 Pf = 0%	FS = 1.89 Pf = 0%	FS = 1.70 Pf = 0.3%
Botadero Inferior 1 B-B'	FS = 1.50 Pf = 4.7%	FS = 1.28 Pf = 16.5%	FS = 1.12 Pf = 34.9%
Botadero Inferior 2 C-C'	FS = 1.51 Pf = 4.3%	FS = 1.29 Pf = 14.8%	FS = 1.13 Pf = 33.7%
Botadero Superior A1-A1'	FS = 1.62 Pf = 2.0%	FS = 1.39 Pf = 6.9%	FS = 1.22 Pf = 19.0%
Botadero Superior B1-B1'	FS = 1.74 Pf = 0.8%	FS = 1.50 Pf = 3.1%	FS = 1.32 Pf = 9.0%
Botadero Superior C1-C1'	FS = 1.71 Pf = 0.8%	FS = 1.47 Pf = 4.6%	FS = 1.29 Pf = 12.4%
Botadero Superior D1-D1'	FS = 2.02 Pf = 0.0%	FS = 1.71 Pf = 0.8%	FS = 1.50 Pf = 3.8%
Botadero Superior E1-E1'	FS = 1.81 Pf = 0.4%	FS = 1.56 Pf = 2.3%	FS = 1.38 Pf = 7.0%

**Conclusiones:** Las conclusiones que se indican en el estudio de estabilidad son las siguientes.

- De acuerdo con los resultados de análisis de estabilidad, el botadero de estéril cumpliría con los criterios de aceptabilidad geotécnica definidos, tanto para condiciones estáticas como sísmicas (pseudo-estáticas).
- Que a partir de los análisis desarrollados es posible concluir que los Botaderos de estéril del Proyecto Mantos del Pacífico: designados como Botaderos 1 y 2 y Botadero Superior en el presente informe, son estables según las condiciones actuales de diseño.
- Que de implementarse cambios en las condiciones de diseño, se deberá re-analizar la estabilidad de los Botaderos, así como la evaluación de

implementación de sistemas de instrumentación y monitoreo geotécnico adecuados.

- j)

**Programa de Prevención de Riesgos y Control de Accidentes:** El plan de prevención de riesgos inserto en el sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional, busca potenciar el compromiso de todos los trabajadores de la organización, en especial de la línea de supervisión. Así mismo, busca la eficacia a través de las herramientas de gestión insertas en el sistema y empoderar a la alta dirección y líneas de mando de los objetivos estratégicos de la compañía, desarrollando un trabajo eficiente, seguro y libre de accidentes. El compromiso de Compañía Minera Gatico quedará reflejado en sus políticas respecto de la seguridad, prevención de riesgos y enfermedades profesionales.
- k)

**Comunicaciones:** Las comunicaciones en rajo Mantos del Pacifico, serán realizadas por radio de comunicación portátil usando las frecuencias asignadas a Compañía Minera Gatico S.A., por el ministerio de transporte y telecomunicaciones.
- l)

**Suministro de energía eléctrica:** Se instalará un generador de 30 kva para dar energía a instalaciones del mandante, contratista de carguío y transporte, taller mecánico e instalación de lavado de equipos. Se instalará un generador de 10 kva para dar energía a instalaciones del contratista de perforación y tronadura.
- m)

**Producción:** 61.660 ton/mes.
- n)

**Duración del Proyecto:** 5 años.
2.

La Empresa 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 se estimen pertinentes, para que todas las operaciones se efectúen previniendo los riesgos de accidentes.
3.

La empresa minera deberá proceder a ejecutar y a dar total y cabal cumplimiento, en cuanto a los diseños y acciones de todas las obras detalladas en el Proyecto y con todo lo establecido en el D.S.Nº132/2002 Reglamento de Seguridad Minera.
4.

Se otorga la aprobación del Proyecto descrito en la presente Resolución, considerando los aspectos de control de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales en la ejecución de las obras, sin perjuicio de las obligaciones o compromisos que el titular del Proyecto deba cumplir en razón de la materia regulada, ante este u otros Organismos o Instituciones del Estado.
5.

**Sin perjuicio de lo indicado en la presente Resolución, la Empresa deberá cumplir con todo lo dispuesto en la Ley Nº 20.551, Regula el Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras y su D.S. Nº 41/2012, Reglamento de la Ley de Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras.**



6.

La empresa minera deberá mantener en forma permanente en la faena minera, una copia íntegra de esta resolución, conjuntamente con el proyecto y aclaraciones, rectificaciones y/o ampliaciones que dieron origen a ésta, por considerarse estos documentos parte integrante de la presente Resolución aprobatoria, la que se extiende sólo para la faena descrita, en las condiciones, método de trabajo y lugar indicado.
7.

Se hace presente, que en contra de la presente Resolución Exenta procede los recursos que la ley franquea entre ellos: el recurso de reposición establecido en la Ley N° 19.880, el que deberá interponerse dentro del plazo de 5 días siguientes a su notificación ante este Subdirector Nacional de Minería y en subsidio, el Recurso Jerárquico ante el Director Nacional del Servicio.

ANÓTESE, NOTÍFIQUESE Y ARCHÍVESE

HUGO ROJAS AGUIRRE  
SUBDIRECTOR NACIONAL DE MINERÍA  
SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

RVR/FSC/FMM/SGA  
DISTRIBUCIÓN.-  
- Sr. Juan Pablo Romero Prado – Cía. Minera Gatico  
Av. Los Conquistadores N° 1700 Piso 13,  
Comuna de Providencia, Santiago.  
- Subdirección Nacional de Minería SERNAGEOMIN  
- Dirección Zonal Norte SERNAGEOMIN  
- Dirección Regional SERNAGEOMIN Antofagasta  
- Archivo



Documento con Firma Electrónica