

PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DE YACIMIENTO DE LITIO EN EL MUNICIPIO DE LA FREENEDA (OESTE DE LA PROVINCIA DE SALAMANCA) ANALIZANDO DOS ESCENARIOS DE PRODUCCIÓN

Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería de la Energía y Recursos Minerales

Alumno: Sebastián Ignacio Erazo Torres

Tutor: Dr. Santos Barrios Sánchez

Escuela Politécnica Superior de Ávila

Universidad de Salamanca

2024-2025

Agradecimientos

Primero que nada, quiero agradecer a mi familia en Chile y por sobre todo a mi madre (Marta Torres Céspedes) y a mis abuelos Marta Inés Céspedes Carvajal y Manuel Belisario Torres Godoy, por darme la posibilidad de estudiar y estar en un país como España que nos acogió tanto a mi como a mi hermano (Felipe Andrés Erazo Torres) con los brazos abiertos.

La consecuencia de uno de los factores decisivos en mi afán por ser un mejor profesional y estar en consecuente desarrollo personal, se lo debo a mis tíos, Manuel y Julio Alberto Torres Céspedes. Ellos son un pilar en nuestra pequeña familia, los cuales nos pavimentaron el camino para ser la segunda generación en estudiar una carrera universitaria.

De igual forma quiero agradecer a mi hermana melliza, Paula Belén Erazo Torres y a mi hermano menor, Felipe Andrés Erazo Torres, por estar apoyando a la familia en los momentos más difíciles de los últimos años y que esperamos todos que con fe podamos sobrellevarlos hasta cumplir con nuestra labor que es terminar nuestras carreras y dar un orgullo a esa familia trabajadora. Consecutivamente con ello es considerable nombrar a Javiera y Julio Torres, quienes como primos han conseguido uno de los hitos más valorados como profesional que es la consagración de un máster profesional.

Estoy convencido de que la fortaleza está acompañada por una serie de causas externas que consideran dentro de uno los hechos más significativos para la vida. Esto considera un apoyo en el ámbito académico como me lo dio mi profesor guía, Santos Barrios Sánchez, que representa para mí un catedrático que debiera estar mejor valorado por la universidad y que sé que muy pronto lo conseguiré, no solo por su formación, sino por generar dentro de sus estudiantes el incentivo necesario para que éstos disfruten y se interesen por lo que sucede en el ámbito geológico que él tanto domina.

Finalmente agradecer a Jesús Montero de Mining Sense, por estar dándome una formación profesional que jamás en la vida se me olvidará. Las personas que trabajan en Mining Sense (Carlos y Mercedes) son verdaderos entusiastas de la minería, no sólo buscan el mejor trabajo finalizado, sino la excelencia para el cliente. El poco tiempo que he pasado

tanto con Jesús, Carlos y Mercedes, me genera estar en una segunda casa, donde la curva de aprendizaje está en ascenso y espero seguir con ellos.

Gracias Madre por estar siempre para nosotros y estaremos eternamente agradecidos por lo que has hecho.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. El litio: mineralogía, yacimientos y aplicaciones	1
1.1.1. Mineralogía	2
1.1.2. Yacimientos de Li	3
1.1.3. Aplicaciones	10
1.2. Actualidad del Li en España	11
1.2.1. Proyectos Históricos	11
1.2.2. Proyectos actualmente en investigación	13
1.3. Mercado del Li	19
1.4. Tecnologías de Procesamiento	22
2. OBJETIVOS	26
3. METODOLOGÍA	26
5. CONTEXTO GEOLÓGICO	33
6. DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO DEL PROYECTO LA FREGEDA	35
6.1. Mineralización filoniana	36
6.2. Mineralización en la roca encajante (metosomática)	37
7. LEGISLACIÓN APLICABLE AL PROYECTO LA FREGENEDA	37
8. MÉTODO DE EXPLOTACIÓN	38
8.1. Perforación y voladura	39
8.2 Diseño de corta	39
8.2.1. Optimización de corta	40
8.2.2. Diseño de taludes	41
8.2.3. Diseño de rampas	41
8.2.4. Plataformas de trabajo	41
8.2.5. Pistas mineras	42
9. MÉTODO DE PROCESAMIENTO: Definición del Diagrama de Flujo	43
10. ACCIONES PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO	47
10.1. Justificación del método de explotación seleccionado	47
10.2. Análisis de estabilidad	48
10.2.1. Banco	48

10.2.2. Talud general e inter-rampa	49
10.2.3. Criterio geotécnico de diseño	49
10.2.4. Estabilidad del talud general	50
10.3. Análisis de estabilidad de instalaciones de estériles	51
11. ESTUDIO DE LAS LEYES Y RESERVAS.....	52
11.1 Determinación de leyes favorables para los diferentes escenarios de producción.....	53
11.2. Estudio de Reservas	56
12. PLAN GENERAL DE PRODUCCIÓN.....	61
12.1. Escenario de producción para una ley de corte de 2.300 ppm	61
12.1.1. Fases para ley de 2.300 ppm.....	61
12.1.2. Estructura de Minado	65
12.1.3. Acopio de mineral para una ley de 2.300 ppm	69
12.1.4. Evaluación de ley de mineral para 2.300 ppm.....	72
12.2. Escenario de producción para una ley de corte de 2.900 ppm	80
12.2.1. Fases para ley de 2.900 ppm.....	80
12.2.2. Estructura de Minado	84
12.2.4. Evaluación de la ley de mineral para 2.900 ppm	95
13. PRESUPUESTO.....	107
13.1. Capital EXpenditure (CAPEX)	107
13.1.1 CAPEX general y de administración (G&A CAPEX).....	108
13.1.2 CAPEX de mina	109
13.2 Gastos de operación (OPEX).....	111
13.2.1. OPEX General y de administración.....	111
13.2.2. OPEX Mina	112
14. ANÁLISIS DE VIABILIDAD	122
14.1. Modelo económico y flujo de caja.....	122
14.2. Modelo económico para los dos escenarios	128
14.3. VAN y TIR.....	132
15. CONCLUSIONES	133
16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
17. PÁGINAS WEB	138
ANEXO I: DOCUMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD	139

ANEXO II: ÍNDICE DE FIGURAS	202
ANEXO III: ÍNDICE DE TABLAS.....	204

1. INTRODUCCIÓN

El litio se ha convertido en un elemento crítico para el desarrollo de nuevas tecnologías. Su papel es fundamental tanto en la fabricación de baterías en coches eléctricos como en sistemas de almacenamiento de energías renovables. El creciente protagonismo ha hecho que la demanda mundial de litio aumenta en forma acelerada y en este escenario el litio se posiciona como un recurso estratégico e imprescindible para la transformación del sistema energético global.

En la actualidad, la actividad minera está en auge debido a la extracción de gran cantidad de sustancias, entre las que destacan Li, REE o Cu. Respecto a la explotación de Li, el referente mundial es Australia, donde se encuentra la mina de Greenbushes, la mayor del mundo de Li, en la que se explota espodumena de un yacimiento de tipo pegmatita. Le siguen los salares de Atacama (Chile), Hombre Muerto (Argentina), Uyuni (Bolivia) y Silver Peak (EE. UU), entre otros. Chile, Argentina y Bolivia, contienen la mayor cantidad de reservas en el llamado “Triángulo del litio”.

En el contexto de un Proyecto Fin de Grado en Ingeniería en Energía y Recursos Minerales, es fundamental que con lo establecido en el Real Decreto, 287/1978, de 25 de agosto, donde se aprueba el Reglamento General para el régimen de la Minería, señalando en su artículo 66 sección C, que “el proyecto consta de una memoria explicativa del plan general de investigación que se prevé realizar, indicando el mineral o minerales a que se refiere; procedimiento y medios a emplear, especificando el equipo técnico de que dispone el solicitante y su titulación o, en su caso, de la entidad contratada; programa de la investigación, presupuesto de las inversiones a efectuar, plazo de ejecución y planos de situación del permiso y de las labores que se proyectan” (Boletín Oficial del Estado, 1978).

1.1. El litio: mineralogía, yacimientos y aplicaciones

El nombre litio (Li) proviene de la palabra griega "lithos", que significa piedra. Se trata de un metal alcalino de color blanco-plateado, de número atómico 3 y masa atómica 6,941 u. Es el metal de menor densidad (la mitad que el agua), muestra bajo punto de fusión y es altamente reactivo, por lo que únicamente se va a encontrar combinado con otros elementos en la naturaleza. Fue descubierto en 1817 por Johann Arfvedson, a partir de estudios sobre lepidolita y espodumena. Este elemento, desde el s. XIX) ha sido

imprescindible para el desarrollo de la vida humana, y sus características hacen que en la actualidad sea de nuevo fundamental para el desarrollo de las nuevas tecnologías.

1.1.1. Mineralogía

Aunque el Li está presente en alrededor de 145 minerales, solo en unos pocos se encuentra en cantidades económicamente rentables. Los más importantes desde este punto de vista económico son espodumena, lepidolita, amblygonita y petalita, presentes por ejemplo en pegmatitas, además de diversos compuestos iónicos que se obtienen a partir de salmueras (Tabla 1).

Tabla 1. Principales menas en mineralizaciones primarias (p.e.: pegmatitas) y compuestos de Li (salmueras).

Mineral	Fórmula química	Yacimiento	Li ₂ O (%)	Observaciones
<i>Espodumena</i>	LiAl(SiO ₃) ₂	Pegmatita	8,03	El más explotado; puede formar cristales de gran tamaño
<i>Lepidolita</i>	K(Li,Al) ₃ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (F,OH) ₂	Pegmatita	7,70	Mica de Li; puede mostrar contenidos de F
<i>Amblygonita</i>	(Li,Na)AlPO ₄ (F, OH)	Pegmatita	7,4	Menos frecuente, pero con alto % de Li
<i>Petalita</i>	LiAlSi ₄ O ₁₀	Pegmatita	4,50	Menos habitual, precursor de espodumena en condiciones metamórficas
<i>Sulfato de litio</i>	Li ₂ SO ₄	Salmueras (disuelto)	28,96	Presente en salares con alto contenido de sulfato
<i>Bicarbonato de litio</i>	LiHCO ₃	Salmueras (disuelto)	21,98	Formado en ambientes con pH bajo, menos común
<i>Cloruro de litio</i>	LiCl	Salmueras (disuelto)	35,25	Habitual en salares. Alta solubilidad
<i>Silvita litinífera</i>	KCl + Li	Salmueras (sólido)	7,05	Sales mixtas con trazas de Li
<i>Camalita litinífera</i>	KMgCl ₃ ·6H ₂ O + Li	Salmueras (sólido)	5,7	Precipita en etapas avanzadas de evaporación
<i>Borato de litio</i>	LiBO ₂	Salmueras (disuelto)	0,12	En salares ricos en B

1.1.2. Yacimientos de Li

Existen diversos tipos de yacimientos de Li, aunque no todos son actualmente rentables desde el punto de vista económico. Estos yacimientos pueden ser: pegmatitas, salmueras, Li en rocas sedimentarias, filones hidrotermales y metasomáticos.

1. **Pegmatitas:** son rocas de composición granítica que presentan un tamaño de cristales muy grueso y se forman por diferenciación magmática. Cuando están formadas por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y moscovita, se denominan simples. Sin embargo, las más evolucionadas son conocidas porque pueden albergar elementos incompatibles en cantidades económicamente rentables y se denominan complejas, debido a la diversa mineralogía que presentan, destacando los minerales de Li (Tabla 1; Figura 1, A y B), de Nb-Ta (serie columbita-tantalita, $(\text{Fe,Mn})(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6$), uraninita y/o pechblenda (UO_2) o berilo ($\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})$), así como contenidos de Rb en filosilicatos (London, 2008).

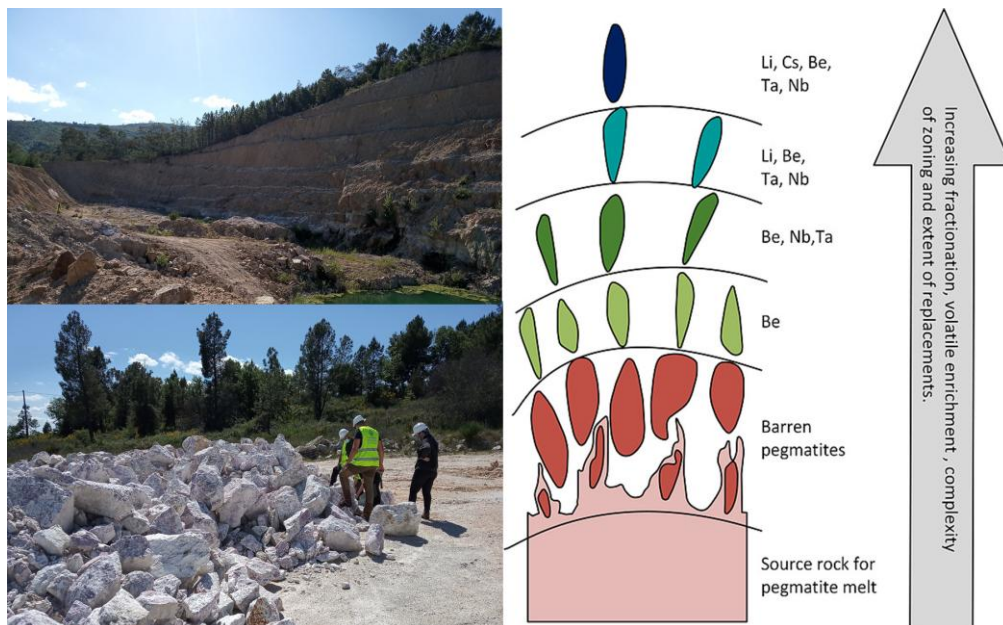


Figura 1. Filones pegmatíticos subhorizontales con lepidolita (A) y acopio (B) de la cantera Alvarrões (Guarda, Portugal). C) Modelo de distribución de elementos incompatibles durante la evolución y cristalización de una pegmatita de Li, respecto a la fuente granítica (London, 2008).

Asimismo, existen diferentes clasificaciones de pegmatitas, siendo una de las más empleadas la de Černý y Ercit (2005; Tabla 2) que se resumen a continuación:

- a) Abisal: aparecen en rocas con alto grado metamórfico (facies de anfibolita a granulita), características texturales complejas e incluyen granito gráfico y unidades aplíticas.
- b) Moscovita: originadas a partir de cuerpos intrusivos, donde la moscovita predomina sobre la biotita, y las micas evolucionan hacia lepidolita, pobre en Fe y ricas en Mn.
- c) Moscovita-elementos raros: intruyen rocas que registran condiciones de metamorfismo alto, muestran composición diversa y enriquecimiento en elementos raros que da lugar a minerales poco frecuentes en las rocas ígneas.
- d) Elementos-raros: intruyen en rocas que han experimentado condiciones de bajo metamorfismo dentro de facies de esquistos verdes y anfibolitas, con una composición variada debido al alto fraccionamiento.
- e) Miarolítico: se presentan en cavidades rellenas de arcillas y revestidas de cristales, que aparecen como segregaciones en plutones graníticos.

Tabla 2. Esquema de clasificación de pegmatitas (Černý y Ercit, 2005).

FAMILIA DE PEGMATITAS: LCT (Li-Cs-Ta) o NYP (Nb-Y-F)			
Clase de pegmatitas	Subclase		
Abisal	HREE (Elementos de tierras raras pesadas)		
	LREE (Elementos de tierras raras ligeras)		
	Uranio		
	Boro- Berilio		
Moscovita	-		
Moscovita-elementos raros	REE		
	Li		
Clase de Pegmatitas	Subclase	Tipo	Subtipo
Elementos raros	REE	Allanita-monacita	-
		Euxenita	-
		Gadolinita	-
	Li	Berilo	Berilo-columbita
			Berilo-fosfato
		Compleja	Espodumena
			Petalita
			Lepidolita
			Elbaita
			Ambligonita
		Albita-espodumena	-
		Albita	-
Miarolítico	REE	Topacio-berilo	-
		Gadolinita	-
		Fergusonita	-
	Li	Berilo-topacio	-
		Espodumena	-
		Petalita	-
		Lepidolita	-

El proceso de cristalización de este magma evolucionado se lleva a cabo en un ambiente con una gran cantidad de volátiles (muy importante la presencia de H₂O), lo cual genera una migración iónica que favorece la formación de cristales de mayor tamaño. La distribución de los elementos en dicho proceso permite que el Li se pueda desarrollar en las zonas superficiales del yacimiento (Figura 1, C). Las pegmatitas con mayor concentración de Li, corresponden a los magmas más evolucionados y diferenciados (London, 2018). Desde el punto de vista económico, este yacimiento es importante para la explotación de minerales de Li.

Las pegmatitas son relativamente comunes en la Zona Centro Ibérica (ZCI), especialmente en la zona noroeste de la provincia de Salamanca, en el denominado Campo Pegmatítico de la Fregeneda, donde se encuentra la zona de trabajo de este proyecto. Pueden ser estériles o mostrar diferente enriquecimiento en elementos raros, como Li y F, junto a Sn, P, Nb, Ta, Rb y Cs. Estas mineralizaciones están relacionadas con la formación de rocas plutónicas ácidas durante la orogenia Varisca (320-290 Ma). En el caso de la lepidolita es el último mineral en cristalizar, casi siempre reemplaza a feldespatos, amblygonita y espodumena, y está asociada a casiterita (Roda Robles et al., 1996).

Un buen ejemplo se encuentra en la mina Feli, situada en el municipio de La Fregeneda, en la provincia de Salamanca (Figura 2). Desde finales del siglo XX y hasta 2010, fue explotado para la extracción de Li a partir de lepidolita, un dique de pegmatita de 8-10 m de potencia y 150 m de longitud con casiterita de grano muy fino. También esta mina presenta una segunda mineralización de casiterita en forma de stockwork con fuerte greisenización, que muestra 500 m de longitud y 40 m de ancho con filones centimétricos, de la que además se extrajo columbo-tantalita entre los años 60-70 del siglo pasado (Jimenez Benayas et al., 1996; Florido et al., 2002; SIEMCALSA, 2007).



Figura 2. Mina Feli (La Fregeneda, Salamanca) donde se observa un stockwork de venas de cuarzo con casiterita y un vaciado (parte inferior de la fotografía) correspondiente a la pegmatita de Li con casiterita (Universidad de Salamanca, 2015).

2. **Salmueras:** presentan gran beneficio económico debido a que para la precipitación de minerales y extracción de Li se emplea la radiación solar (Figura 3). Se originan por la concentración de elementos de interés procedentes de la disolución de rocas volcánicas y sedimentarias, y en ocasiones, por el aporte de material procedente de un salar previo.



Figura 3. Salar de Atacama. (COCHILCO, 2024).

En estos yacimientos, los materiales disueltos son arrastrados hasta una zona geológica que permita su almacenamiento, y siempre acompañado de un proceso climatológico que genera una evaporación excesiva, logrando que el aporte de agua superficial o subterránea sea ínfimo con respecto a la evaporación (Munk et al., 2016).

Al evaporarse el agua de la salmuera, la concentración de los elementos se incrementa y los minerales precipitan en un determinado orden. Generalmente, y en función de la composición de la salmuera, el primero en precipitar es calcita (CaCO_3), seguida de yeso ($\text{CaSO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y halita (NaCl) (An et al., 2012). La formación por precipitación de estos minerales, junto a diversos elementos presentes, genera una mayor concentración de Li en la salmuera (Figura 4).

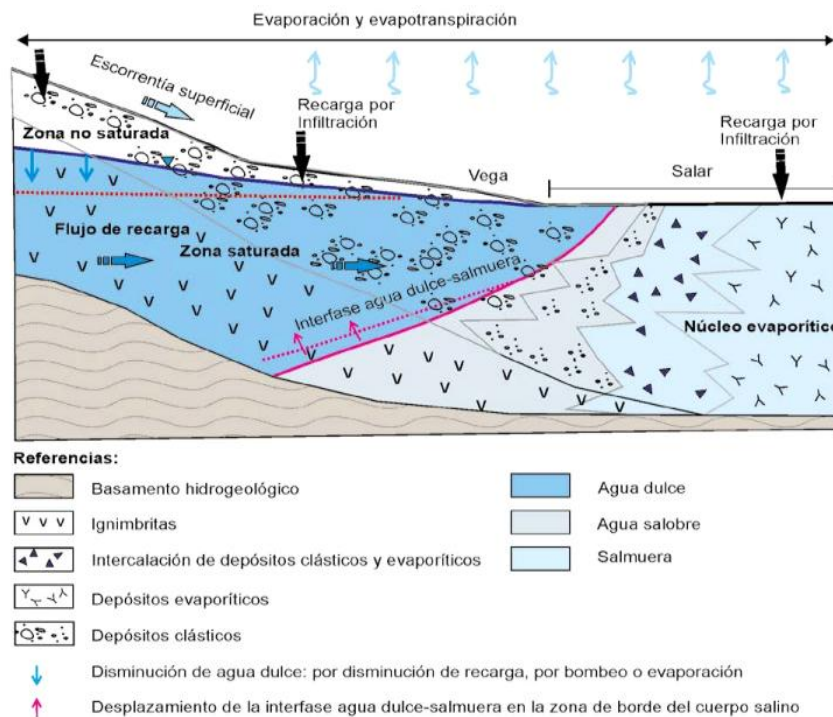


Figura 4. Modelo de depósito de salmuera (López de Azarevich et al., 2021).

De manera simplificada se identifican tres tipos de salmueras:

a) salmuera continental: formada a partir de la infiltración de agua en la corteza y que genera una solución que es llevada a una llanura, donde se satura. Este tipo representa a la gran mayoría de yacimientos que están en explotación debido a su concentración de Li.

b) salmuera geotérmica: muy similar al caso anterior, aunque su principal diferencia radica en que el agua que se infiltra en las rocas proviene de una zona de mayor gradiente geotérmico, lo cual implica una menor acumulación de Li.

c) salmuera procedente de yacimientos petrolíferos: se desarrolla en zonas profundas de la corteza terrestre y su búsqueda está determinada por la posible concentración de petróleo. El Li se presenta en mucho menor concentración que los casos anteriores.

3. **Li en rocas sedimentarias:** representan cerca del 8% de los recursos mundiales y se pueden encontrar en depósitos de arcilla y en rocas evaporitas lacustres. En depósitos de arcillas, el Li forma parte de minerales como esmectita ($((\text{NaO}_3(\text{Mg},\text{Li})_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2))$), o puede ser el resultado del ascenso de un fluido hidrotermal que genera un enriquecimiento secundario. El Li en rocas lacustres se puede formar por el lixiviado de rocas volcánicas, como es el caso del depósito de Thacker Pass de Montana en Estados Unidos (Figura 5), en el cual los elementos se depositaron en la cuenca la Caldera, que, tras una secuencia de depósito lacustre rico en arcillas, el Li quedó retenido por un proceso de adsorción (Waisfeld, 2020).



Figura 5. Ubicación del depósito de Thacker Pass de EE.UU (Lithium American, 2023).

4. **Filonos hidrotermales:** se caracterizan por la concentración de minerales en fracturas o diques en la roca encajante, formados por la circulación de un fluido hidrotermal que procede. En este caso, los fluidos hidrotermales que contienen elementos de interés como Sn-Li, derivan de la cristalización de magmas o son el resultado de la interacción de aguas meteóricas con rocas calientes. Los minerales precipitan por la bajada de temperatura, producida por ejemplo al reaccionar con el encajante o mezclarse con otros fluidos más fríos, al bajar la presión o al variar las condiciones químicas del medio (Robb, 2007).

Un ejemplo de este tipo de mineralización es el yacimiento de Valdeflores (Cáceres) donde se observan tres grupos de venas de cuarzo encajados en pizarras y areniscas del ordovícico. Los filones contienen minerales de Li (ambligonita-montebrazita, lepidolita y zinnwaldita con Li) casiterita que fue explotada en el s. XX (Junta de Extremadura, 2007). Este yacimiento será comentado en el apartado de 1.2.2 (Proyectos actualmente en investigación).

5. Yacimientos formados por procesos **metasomáticos:** un volumen de roca se ve afectado por un proceso de alteración hidrotermal que introduce elementos de interés en la composición de los minerales que la constituyen. Recientemente se ha descrito este tipo de yacimiento en la mina Valdeflores (Figura 6) donde las micas de los metasedimentos constituyen el principal huésped del Li. Es decir, dentro del mismo yacimiento filoniano explotado anteriormente, se encuentra una segunda mineralización de Li asociada a los filosilicatos que componen las unidades metasedimentarias afectadas por procesos metasomáticos como se describe en el apartado (Pesquera et al., 2020).

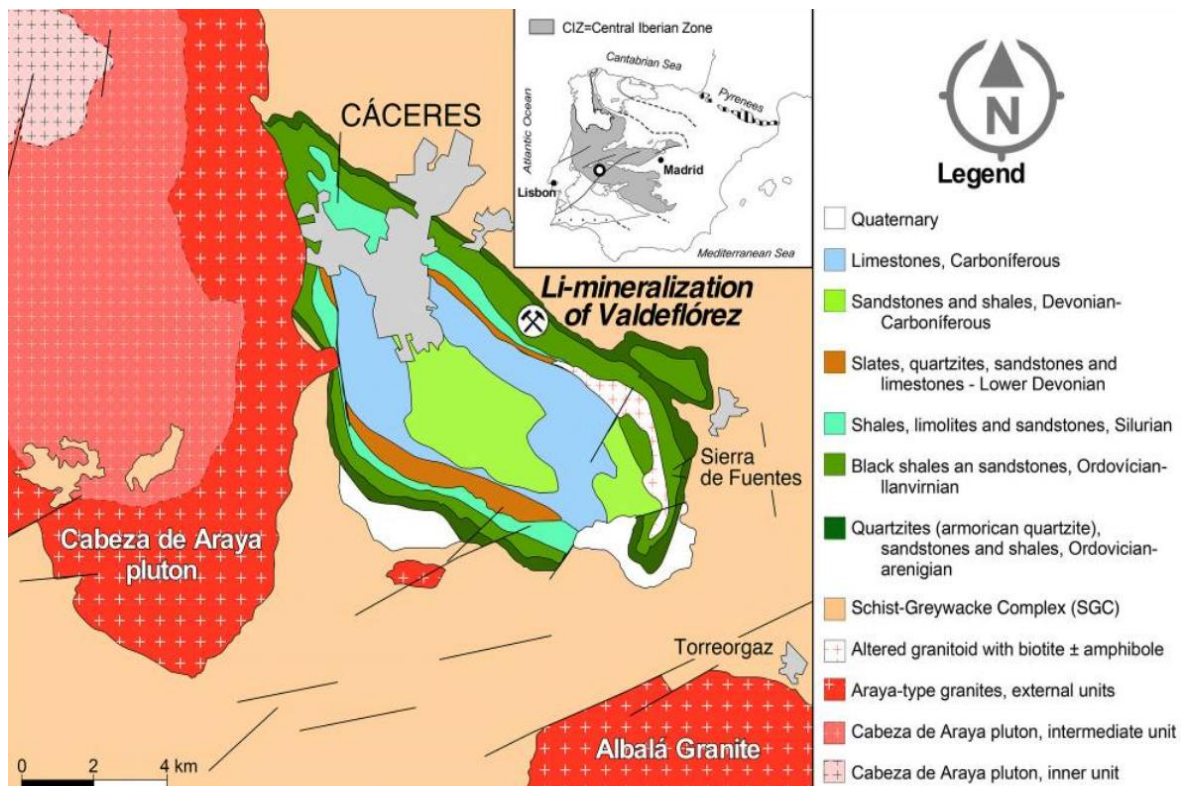


Figura 6. Mapa geológico simplificado de la zona de Valdeflores (Pesquera et al., 2020).

1.1.3. Aplicaciones

El Li es ampliamente conocido por empleo en la fabricación de baterías para coches y móviles. Sin embargo, tiene otros usos que no lo son tanto como las aplicaciones para la obtención de energía nuclear. El uso del Li para la obtención de este tipo de energía viene dado por sus isótopos estables (^7Li y ^6Li), que se emplean para dar estabilidad estructural en los reactores de fisión (BWR y PWR) o se utiliza para la producción de tritio, que es el combustible necesario para la reacción en reactores de fusión (ITER) (Corti, 2023).

También es importante, aunque no tan desconocido, su papel desde mediados del s. XX en el tratamiento de trastornos psiquiátricos, particularmente como estabilizador en pacientes bipolares y depresivos, a través de la inhibición del comportamiento.

Por otro lado, el Li también puede ser usado en la industria de lubricantes (producción de grasas lubricantes), para eliminar impurezas de máquinas en la industria metalúrgica, o como catalizador en síntesis de compuestos orgánicos, entre otras aplicaciones.

1.2. Actualidad del Li en España

En el ámbito español, los yacimientos de Li fueron descubiertos debido a las antiguas explotaciones de casiterita (Sn) que llevan asociadas. Ejemplos de este tipo de yacimientos se encuentran en Pontevedra (Testeiro y Doade), Salamanca (Barquilla, Feli y Aldehuela), Cáceres (El Trasquilón, Las Navas y Valdeflóres) y en Badajoz (Tres Arroyos). La paragénesis más común de estos depósitos incluye cuarzo, moscovita, ambigonita, montebrasita, lepidolita y casiterita. Actualmente, existen otros yacimientos de Li que han suscitado un gran interés, sobre todo los situados en la zona centro de la Península Ibérica, en la zona fronteriza con Portugal.

A pesar de la relativa abundancia de estos yacimientos, su explotación en España ha sido prácticamente testimonial. Los únicos ejemplos se encuentran en Salamanca, cuando durante la primera década del s. XXI, se produjo la explotación de la pegmatita con lepidolita de la mina Feli. El material extraído era llevado a Castellón para su aplicación en la fabricación de materiales cerámicos pues la lepidolita disminuye su punto de fusión. La Junta de Castilla y León indica contenidos entre 3.000 y 7.000 ppm de Li, y datos de explotación para 2009 y 2010 de 4.000 y 8.000 t de lepidolita, respectivamente. También en esa década y hasta el año 2014 se explotó la cantera Alberto I, situada en la misma zona, un conjunto de diques de pegmatitas de hasta 20 m de potencia y 200 m de longitud, que contenían minerales de Li como espodumena y petalita. Entre los datos de producción destaca el año 2005 cuando llegaron a explotarse hasta 4.500 t de material, cuyo uso era el mismo que en el caso anterior (Roda-Robles et al., 2017; Barrios et al., 2023).

1.2.1. Proyectos Históricos

España cuenta con varios yacimientos conocidos desde mediados del siglo XX, especialmente asociados a cuerpos pegmatíticos. Muchos de ellos fueron objeto de investigación y explotación puntual, motivado por intereses industriales vinculados con la producción de casiterita, feldespato y cuarzo, más que por el Li. Los ejemplos más destacados se comentan a continuación.

1. *Tres Arroyos*: este yacimiento está ubicado próximo al Batolito de Nisa-Alburquerque (Badajoz). Se trata de un dique pegmatítico con lepidolita (Figura 7) que se dispone en bandas milimétricas alternantes con albita. Lleva asociado un conjunto de diques

leucocráticos, constituidos por cuarzo, feldespato, moscovita, albita, turmalina y casiterita, que fue beneficiada anteriormente. La mineralización encaja en materiales metamórficos del neoproterozoico-Cámbrico inferior del Complejo Esquisto Grauváquico (CEG) (Garate-Olave, 2012).



Figura 7. Dique pegmatítico del yacimiento de Tres Arroyos (Junta de Extremadura, 2019).

2. *El Trasquilón*: este yacimiento, al igual que el anterior, proviene de una explotación antigua de casiterita (Figura 8). Está situado a 12 km de Cáceres y se encuentra pendiente de un permiso de investigación (441 ha) perteneciente a la empresa Grabat Energy. Debido a la afección de una zona ZEPA, el paso a permiso de explotación es posible, siempre que el proyecto de impacto ambiental enviado a la Junta de Extremadura sea favorable.

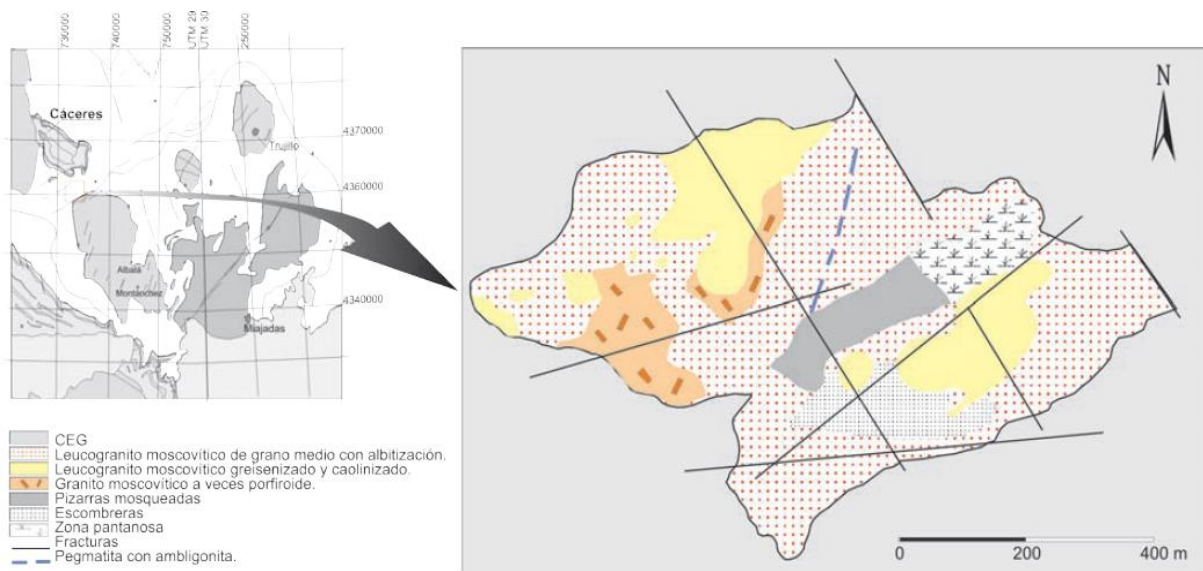


Figura 8. Esquema geológico del área del proyecto de investigación de El Trasquilón (IGME, 2006).

La mineralización se sitúa en la cúpula del granito del Trasquilón y está formada por un stockwork de diques pegmatíticos y zonas greisenizadas. Este sistema filoniano está compuesto principalmente por cuarzo, feldespato potásico, albita y moscovita (producto de la alteración del greisen), y que alberga casiterita, columbo-tantalita y amblygonita, con contenido de Li entre 0,5 y 0,6 %. También se identifican sulfuros de Cu y Zn en menor proporción. Los diques mineralizados alcanzan una longitud de hasta 500 m de y una profundidad desconocida, aunque superior a 10 m (Junta de Extremadura, 2019).

1.2.2. Proyectos actualmente en investigación

Los yacimientos en la Zona Centro Ibérica que actualmente se encuentran bajo permiso de investigación de Li y minerales asociados para una posible explotación son Villasrubias, Las Navas, El Trasquilón, Valdeflóres, Piedras Albas y Belvís de Monroy, serán descritos a continuación.

1. **Villasrubias:** el nombre procede del municipio en el que se encuentra, perteneciente a la provincia de Salamanca. En la zona, durante la década de 1940 existieron pequeñas explotaciones próximas al actual proyecto de Villasrubias, que mostraron una mineralización de casiterita asociada a diques de aplita, encajados en esquistos del CEG.

La empresa Energy Transition Minerals dispone en la actualidad de un permiso de investigación de 11,4 Km² (Figura 9) en los que ha llevado a cabo hasta la fecha una campaña de 12 sondeos, con los que ha identificado una mineralización pegmatítica tipo LCT (Li, Rb, Ta) donde Li está en forma de lepidolita con una ley promedio de 1,13% (equivalente a un 2,79% de Li₂CO₃). También ha sido identificada una mineralización de sulfuros diseminados de la que no se tiene descripción (Energy Transition Minerals, 2021).

Por último, a través de diversas campañas aeromagnéticas y electromagnéticas con drones (Figura 10) y estudios de tomografía electromagnética de muy baja frecuencia, junto a otros trabajos de campo (cartografía geológica, muestreos y excavaciones de zanjas), se ha delimitado la extensión de los cuerpos pegmatíticos que alcanzan de 370 m longitud (Energy Transition Minerals, 2021).

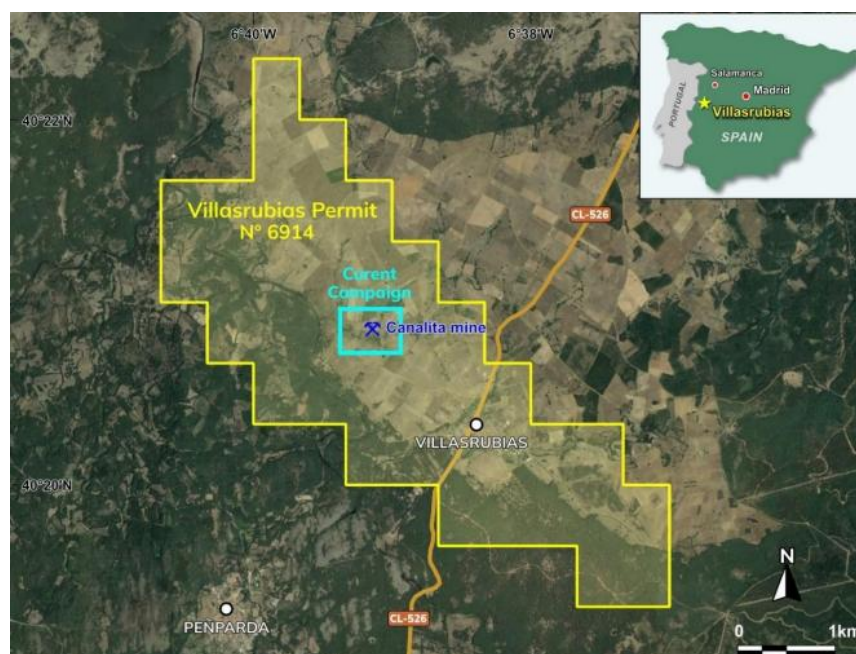


Figura 9. Demarcación minera del proyecto de investigación Villasrubias (Energy Transition Minerals, 2023).

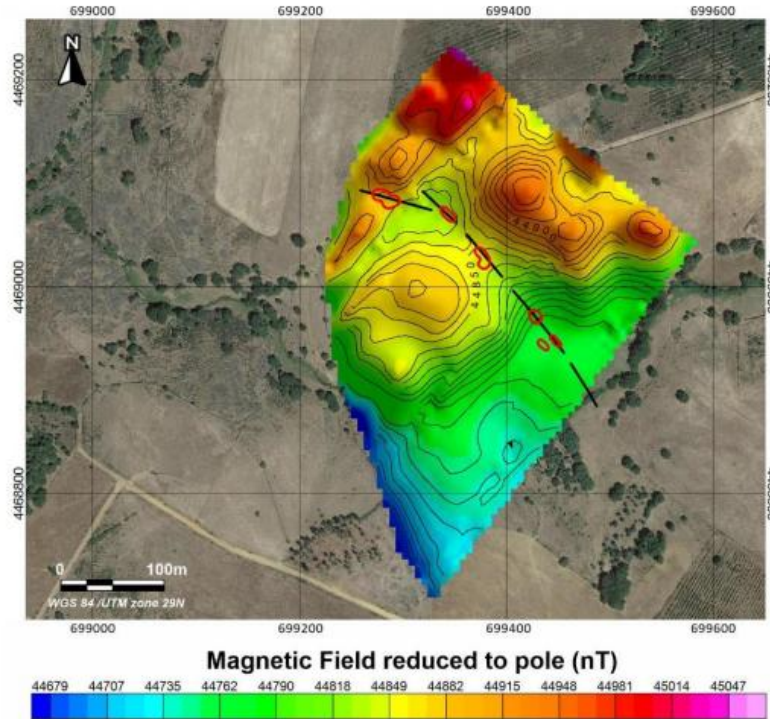


Figura 10. Mapa de campo magnético para el estudio de pegmatitas y mineralización de casiterita del proyecto de investigación Villasrubias (Energy Transition Minerals, 2023).

2. **Las Navas:** este proyecto de investigación está situado próximo a Cañaveral (Cáceres) y está siendo desarrollado por la empresa Lithium Iberia. Los primeros trabajos en la zona se remontan a la década de 1970. La mineralización se encuentra en diques pegmatíticos (Figura 11) con casiterita y lepidolita de dirección N50°–60°E y fuerte buzamiento hacia el NO e incluso subverticales. El estudio de la roca encajante (pizarras), demostró contenidos muy altos en Li, Rb y Cs. El proyecto presenta una vida útil de 30 años e incluye 6 fases con una transición desde cielo abierto a subterránea, con restauración de la escombrera y eliminación del depósito temporal, para dar inicio desde el año 10 a la extracción final de la explotación y posterior restauración (Lithium Iberia, 2024).



Figura 11. Pegmatitas en la zona del proyecto de investigación Las Navas (Junta de Extremadura, 2019).

3. **Valdeflóres:** Aunque tradicionalmente ha sido interpretado como un sistema filoniano, investigaciones recientes han identificado además la presencia de un yacimiento de tipo metasomático (Pesquera et al., 2020).

Geológicamente, se localiza dentro del Dominio del Complejo Esquisto Grauváquico, en un área donde afloran metasedimentos ordovícicos (cuarcitas, pizarras y areniscas), así como de diques de doleritas y cuerpos de granito peraluminoso tectonizados de menor tamaño como el Plutón de Cabeza de Araya. La mineralización de Li (Figura 12) se asocia a una cúpula granítica no aflorante.

El yacimiento está formado por un conjunto de filones de cuarzo mineralizados con casiterita y amblygonita, que constituyen el stockwork con dirección N30°E y buzamiento 70°-80° NO. Los filones se alojan en las alternancias de rocas metasedimentarias, y se desarrollan en un entorno estructural condicionado por fracturas asociadas a procesos de cizallamiento.

La mineralización se relaciona con la infiltración de fluidos graníticos ricos en Li, F, B y P, que interactuaron sobre materiales constituidos principalmente por una secuencia psamopélica con niveles intercalados de cuarcita. Esto favoreció los procesos metasomáticos que dieron lugar a la formación de micas enriquecidas en Li y a una

segunda mineralización, que es actualmente la que presenta interés económico (Pesquera et al., 2020).

El año 2023 la Junta de Extremadura otorgó un permiso de exploración a la empresa Infinity Lithium que la habilitaba a una explotación directa de forma subterránea debido a la cercanía que existe al centro urbano de la ciudad. La empresa propone para la producción de Li_2CO_3 , el método de lixiviación a alta presión a partir de una disolución de iones por electroquímica, para procesar leyes medias de Li del 0,61%.



Figura 12. Filón de cuarzo con minerales de Li (amblygonita-montebrasita) y alteraciones a turquesa (Junta de Extremadura, 2019).

4. **Piedras Albas:** está constituido por un conjunto de diques pegmoaplíticos que afloran a algo más de 2 km al SO del municipio de Piedras Albas. Los diques, de los que no se conocen sus dimensiones, se encuentran en una zona de 500 m de materiales pizarrosos (N130°-150°E) entre las masas graníticas de Cabeza de Araya y Estorninos. El Li se presenta en forma de lepidolita y espodumena, y que alcanzan un un contenido medio en los diques del 1,1% de Li_2O (Junta de Extremadura, 2019).

Actualmente la empresa gallega, Omega Real Estate, tiene un permiso de investigación de 31 cuadrículas mineras entre los municipios de Alcántara y Piedras Albas. Sin embargo, el Catastro Minero no indica como tal el permiso de este proyecto. Sí registra una solicitud de un permiso de investigación denominado “Carbonero” (Figura 13), presentado por el actual titular, Omega Real Estate, aún a nombre de la empresa Grabat

Energy, S.L., debido a que el cambio de titularidad no ha sido actualizado en dicho Catastro.

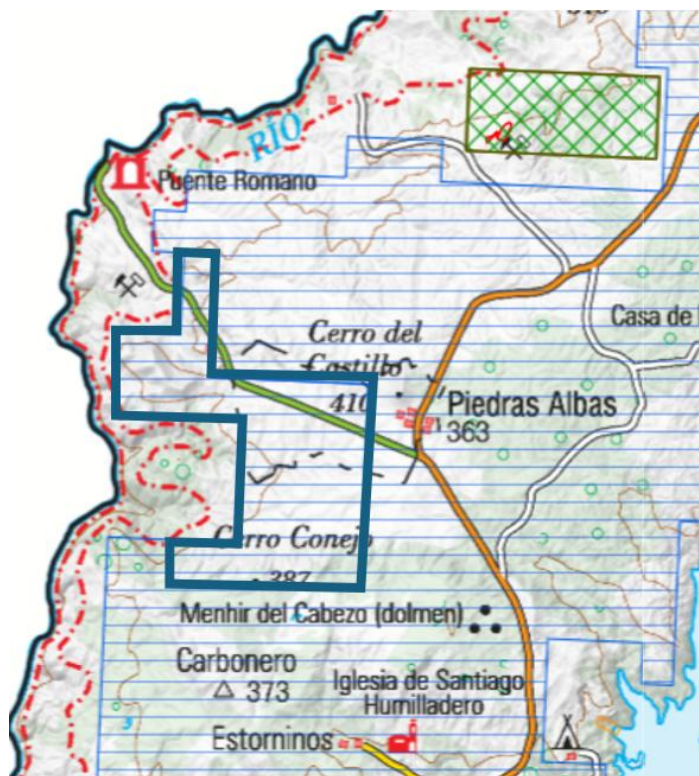


Figura 13. Cuadrículas mineras del permiso de investigación Piedras Albas (tomado de SIGEO, 2025).

5. **Belvís de Monroy:** el yacimiento se encuentra situado entre los términos municipales de Millanes y Belvis de Monroy (Cáceres). Se trata de un distrito pegmatítico (Figura 14) que encaja en esquistos y gnesis, que ocupa un afloramiento de 3,5 Km². La mineralización de Li corresponde a lepidolita y amblygonita (Jiménez Martínez, 2014). Desde agosto de 2024, la empresa Janys Energy, que pretende la investigación de Li y REE, cuenta con un permiso de investigación de casi 2.000 cuadrículas mineras entre las minas Villuercas y Campo de Arañuelo, sobre una superficie que incluye 20 municipios.

Principalmente existen tres diques encajados en esquistos del CEG. El primero, de tipo aplopegmatítico, muestra 950 y 70 m de longitud y una anchura, respectivamente, con una dirección N130°E. El segundo presenta 300 m de longitud y una anchura de 25 m, y una dirección N°140E. El tercero y último, tiene más de 1.100 m de longitud, 50 m de anchura y dirección N°30E (Junta de Extremadura, 2019).



Figura 14. Ejemplo de dique aplopegmatítico del yacimiento de Belvís de Monroy (Junta de Extremadura, 2019).

1.3. Mercado del Li

En los últimos 2 años, la demanda de Li ha sido creciente debido a la gran oferta que representa el uso de Li_2CO_3 en las baterías de los coches eléctricos. Desde 2023, este compuesto mantiene la tendencia de producción mayoritaria en países como Australia (45%), Chile (27%) y China (15%) y en menor medida Argentina (4%) o Zimbabwe (4%) (COCHILCO, 2024).

Las respuestas de diversos estados a la demanda de este metal generaron una serie de políticas públicas para el desarrollo de alianzas público-privadas que sirvieran para la identificación de áreas geológicas, con un alto potencial de explotación y bajo coste, y generar un producto de alta calidad, con un beneficio acorde a la inversión generada.

El desenlace de proyectos de explotación en el Triángulo del Litio (p.e.: Atacama (Chile) y Hombre Muerto (Argentina)) donde se calculan unas reservas de 16 Mt (66% de los recursos globales) y en la mina Greenbushes en Australia, mantiene una gran expectativa en cuanto al Li en la corteza terrestre. Sin embargo, el 99,99% de las reservas están en el mar (230.000 Mt), aunque su baja concentración (0,14-0,25 mg/kg) hace imposible su extracción, puesto que implican unos costes muy elevados (Corti, 2023).

Las estrategias nacionales e internacionales de inversión en los países citados con anterioridad y de la puesta en marcha de nuevos proyectos en la Unión Europea (Figura 15), representó el ascenso enérgico del Li_2CO_3 , resultado del aumento del presupuesto en exploración año 2023 que alcanzó los 850 M\$ (COCHILCO, 2024).

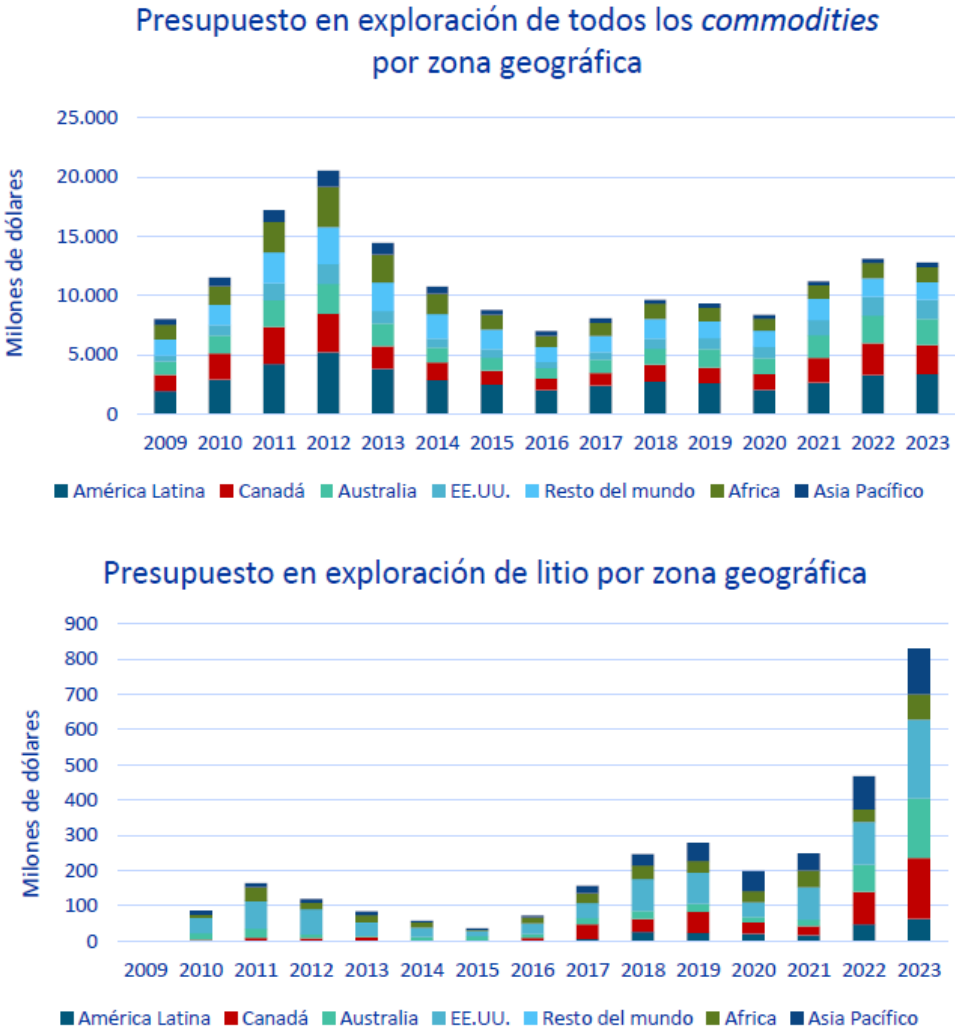


Figura 15. Tendencia de exploración de *Li* por zona geográfica (COCHILCO, 2024).

En consonancia con el gran presupuesto de exploración del año 2023, se generó una gran expectativa en torno a los proyectos de investigación en todo el mundo (Figura 16), ya que el precio del Li_2CO_3 estaba por encima de 50.000 US\$/t (Figura 17). La demanda por parte de grandes potencias, como China, generó un aumento de ingresos con respecto a los gastos de producción y venta. Esto creó un balance positivo hacia el año 2025, con el que se alcanzó un valor promedio de 16.450 US\$/t para este producto (COCHILCO, 2024).

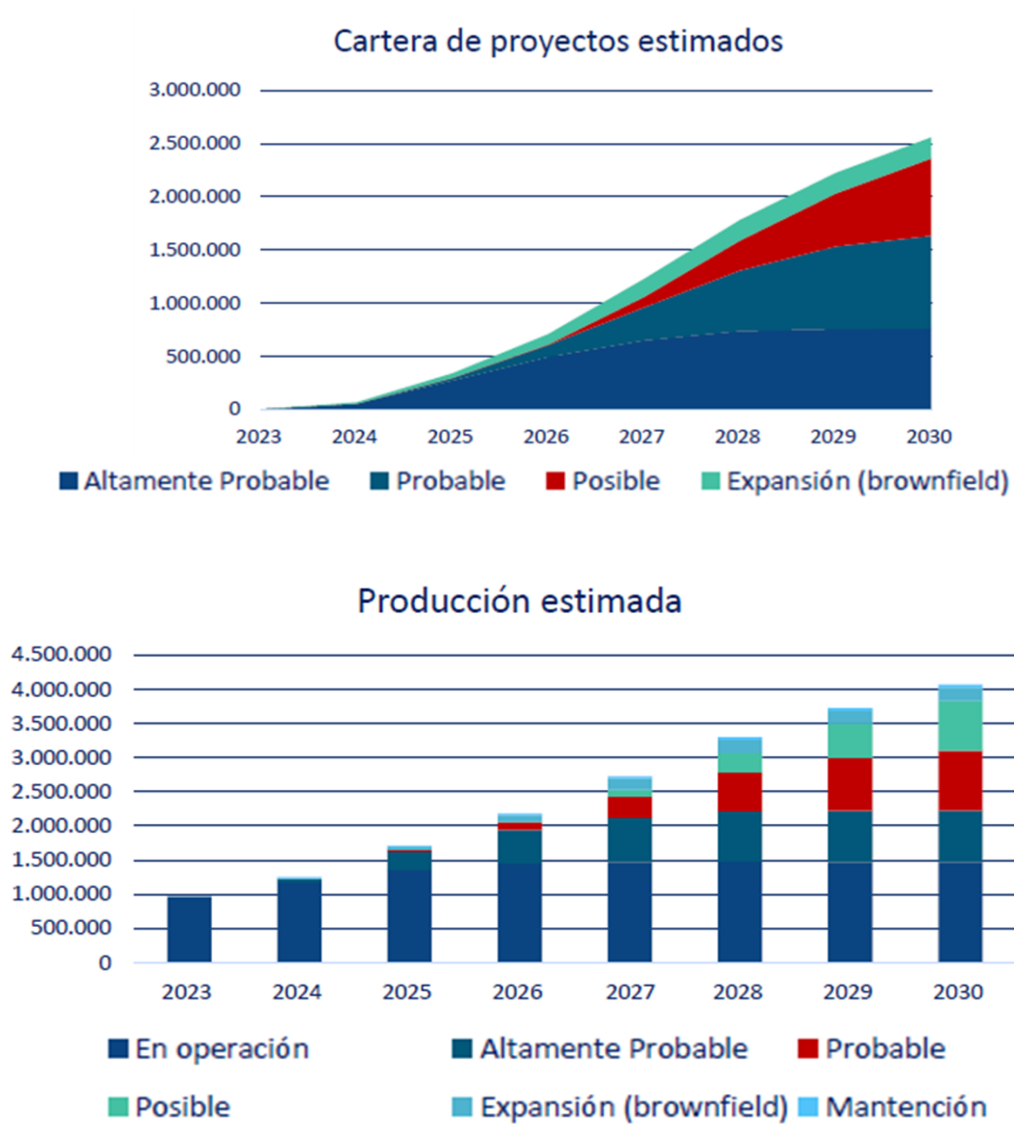


Figura 16. Cartera y producción de Li (COCHILCO, 2024).

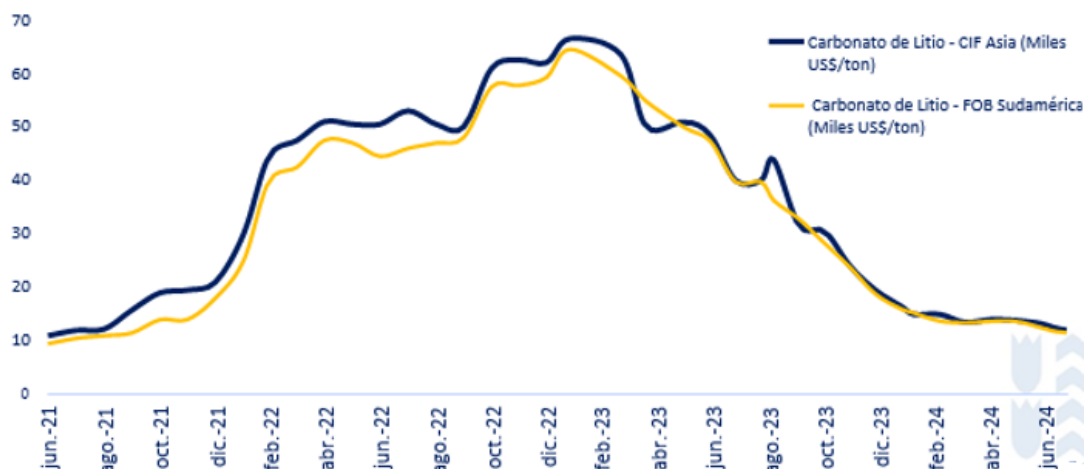


Figura 17. Precio de Li_2CO_3 (Miles US\$/t) entre junio de 2021 y 2024 (COCHILCO, 2024).

1.4. Tecnologías de Procesamiento

El Li_2CO_3 es el producto final tras el procesado en planta y es importado por China, Alemania y EE. UU como el principal compuesto para la fabricación de baterías. En el año 2015, el Li ya se usaba en el 33% de la industria global, mientras que en 2018 su demanda se incrementó al 84%, y se prevé que alcance el 95% para el 2034, destinando únicamente un 2% a otros usos (p.e.: vidrio, lubricantes y medicamentos) (COCHILCO, 2024).

El tipo de depósito donde se encuentre el Li, determinará su forma de obtención, considerando el tiempo de producción y parámetros económicos para elegir el método más adecuado. De esta manera, existen tres métodos fundamentales para la extracción y concentración de Li: 1) Extracción desde roca; 2) Concentración de Salmuera de Li (CSL); 3) Extracción Directa de Li (EDL); que son expuestos a continuación:

1. *Extracción desde Roca:* cuando el Li se encuentra en yacimientos primarios, debe extraerse a través de perforaciones y voladuras, lo que conlleva altos costes de inversión. Mayor en el caso de minería subterránea que a cielo abierto, debido a las diversas situaciones de riesgo como desprendimientos y falta de oxígeno. Por otro lado, la explotación a cielo abierto presenta mayor rentabilidad por la facilidad para el desplazamiento de la maquinaria y el personal, siempre y cuando la geología, factores técnicos, planificación y operacionales lo permitan.

También existen minas subterráneas de Li, pero son menos frecuentes debido a los costos operativos que se necesitan para extraer el mineral. En la mina Greenbushes en Australia (Figura 18), la extracción de Li de pegmatitas se realiza de forma subterránea, sin embargo, los altos costes derivados de su operación llevan también a la producción de Ta, Cs y Rb.



Figura 18. Mina Greenbushes (Talison Lithium, 2024).

2. *Concentración de salmuera de Li (CSL)*: los depósitos de salmueras se presentan comúnmente en ambientes con un clima árido y, en lugares que permiten el almacenamiento y precipitación de sales, es decir, en cuencas o lagos. El mejor ejemplo de este tipo de yacimiento se encuentra en el Salar de Atacama (Chile). Allí, la subducción de placas dio origen a la Cordillera de los Andes, la cual, debido a las precipitaciones, fue erosionada y sus elementos fueron arrastrados hacia una cuenca formada por los propios Andes y la cordillera de la Costa. Está última actúa como una barrera natural que impide la humedad proveniente del océano, generando condiciones de extrema radiación que favorece la intensa evaporación.

La precipitación de Li tiene lugar a partir de una evaporación excesiva frente a la recarga generada por la escorrentía superficial o la precipitación ocasional. Estas precipitaciones logran la remoción de las principales impurezas para los productos finales de Li, como Na, K y una fracción de Mg. Este paso es necesario para lograr una

concentración de hasta 6 Li wt% (Fuentealba et al., 2023). El proceso completo se muestra en la Figura 19.

Tras la evaporación natural, se considera una mezcla de cal-sodada (mezcla de hidróxido de calcio e hidróxido de sodio) que por medio del bombeo es llevada hacia diversas piscinas con diferente concentración de Li. Se disponen en un terreno extenso y de poca profundidad, y en contacto directo con la radiación solar durante aproximadamente 24 meses. En este ciclo continuo de concentración, tiene lugar la precipitación de halita y yeso, siendo la carnalita litinífera la última en concentrarse.

La presencia de Mg entre los iones disueltos supone un problema en la recuperación de Li, puesto que la relación Mg-Li aumenta el coste de producción. Esto se debe a que hace obligatorio el desarrollo de una serie de etapas adicionales de tratamiento químico y filtración, que prolongarán el tiempo de residencia en los estanques (Mohr et al., 2021).



Figura 19. Modelo hidrogeológico y zonas de evaporación para la concentración de Li en salares (Marzuela et al., 2019).

3. *Extracción Directa de Li (EDL)*: en este tipo de extracción se emplean procesos térmicos y electroquímicos, divididos en tres fases (John Burba, 1986):

- Absorción de Li por el método directo: se produce por la concentración de moléculas de LiCl en la salmuera, permitiendo su precipitación debido a un agente precipitante, a temperaturas en torno a 50°C. La extracción de Li alcanza el 90%.

- Método de intercambio iónico: un material iónico que contiene Li (zeolita sintética o aluminato de litio-titanio) se intercambia con un ion positivo (H^+). Se obtiene menor cantidad de impurezas en el producto final, sin embargo, supone un elevado gasto operativo debido a que se emplea gran cantidad de HCl para reemplazar el Li por el H^+ .
- La extracción por solvente: consiste en la mezcla de la propia salmuera con un solvente (p.e.: ácido organofosfórico), que separa el Li de los otros iones presentes en la salmuera (Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+), donde finalmente se realiza una solución ácida (HCl) para liberar el Li del solvente.

Estos métodos de extracción (Figura 20) aún están en proceso de desarrollo, debido a su compleja introducción en la industria minera como tal, pueden repercutir en las inversiones iniciales del proyecto y por ello, en el precio de venta final.

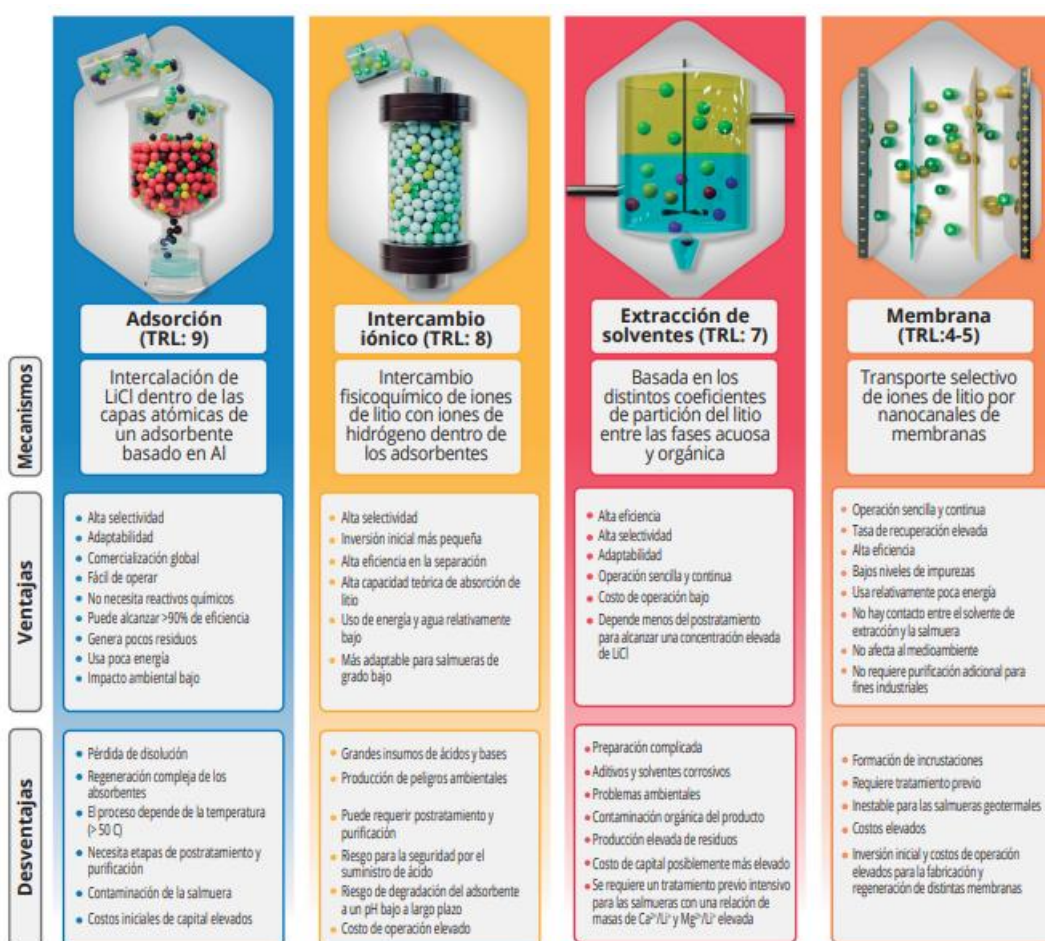


Figura 20. Esquema comparativo de Extracción Directa de Li (International Lithium Association, 2024).

2. OBJETIVOS

La explotación del mineral de Li del proyecto La Fregeneda (Salamanca), necesita considerar ciertos aspectos para alcanzar una extracción y una viabilidad óptima. Es decir, el estéril a extraer no debe superar la producción, de manera que el proceso suponga un beneficio para la empresa. Por lo tanto, el objetivo fundamental de este trabajo será:

- Realizar un estudio de viabilidad del proyecto La Fregeneda y establecer el mejor beneficio económico por medio de la estimación de dos leyes de corte, usando como criterio los indicadores financieros del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Para cada una de las leyes de corte se establecerá una alimentación a la planta, estimada en 1 y 2 Mt, y se calculará un presupuesto con los costos operativos y costos de inversión correspondiente. Además, se analizará el modelo económico correspondiente de cada escenario.

A partir de este objetivo principal se derivan los siguientes objetivos secundarios:

- Proyectar una continuidad de extracción adecuada a las especificaciones de la empresa minera y del yacimiento, desarrollando una investigación conforme a los estudios de campo que se describirán posteriormente.
- Estudiar los hechos económicos actuales, es decir, según el valor del mineral, delimitar el rango óptimo de ley mínima que debiera ser respetada en el transcurso de la explotación para lograr el beneficio económico.
- Mantener una alimentación constante a planta de tratamiento, en cada uno de los escenarios, bajo los parámetros minado y acopio para establecer por medio de ambos casos de estudio una producción estable en los años de vida mina.

3. METODOLOGÍA

El presente trabajo ha sido desarrollado dentro del Convenio de Cooperación Educativa de Prácticas Académicas Externas para Estudiantes de la Universidad de Salamanca en conjunto con la empresa Mining Sense Global S.L.

Estas prácticas han tenido una duración aproximada de 172 días con una jornada de 4 h/día (688 horas) que ha derivado en la evaluación y desarrollo de un proyecto minero para el Trabajo Fin de Grado que se presenta. Además, se complementó con el uso herramientas

utilizadas en la empresa para la presentación de informes y estudios técnicos, tales como estudios de dilución y pérdidas, entre otros.

El proyecto de estudio es de carácter reservado y pertenece a un informe confidencial. Por esta razón, no se expresarán los nombres de las empresas que desarrollaron los estudios y labores de investigación. Se hará referencia a este Proyecto Fin de Grado como Proyecto La Fregeneda (Salamanca), debido a que la ubicación original fue modificada y trasladada a este municipio, por lo que la geología regional no coincidirá con la geología del yacimiento.

El trabajo ha comenzado con una importante revisión de artículos, libros y documentos relacionados tanto con la propia zona de trabajo, como de antiguas explotaciones mineras próximas a ella, para conocer la mineralización y las características de la roca encajante. Además, se ha dispuesto de diferentes memorias descriptivas, así como de los datos correspondientes a diversas campañas de sondeos realizados por las empresas investigadoras.

Posteriormente, se revisaron aproximadamente 37.179 tramos de sondeos provenientes de las 2 campañas realizadas por diversas empresas. También se verificó el tamaño del bloque, así como la ley de Li presente en cada uno de los tramos. Para establecer las leyes de corte del proyecto, se realizó un análisis estadístico mediante distribución normal (Curva de Gauss), lo que permitió identificar dos concentraciones importantes de leyes de Li que sirvieron para establecer las dos leyes de corte del proyecto.

Tras establecer los dos casos de estudio por medio de la Curva de Gauss, se definió un criterio de trabajo para diferenciar la utilidad de cada bloque (estéril o mineralizado): si la ley de Li en el bloque es igual o superior a la ley corte se considera como mineral, y en caso contrario como estéril.

Luego se calcularon las toneladas de mineral presente en cada uno de los bancos a partir del siguiente producto: $V_{\text{bloque}} \times \text{densidad del bloque (t/m}^3\text{)} \times \text{ley de Li del bloque}$. Los parámetros calculados se organizaron en una tabla dinámica para los dos casos de estudio, donde se diferenciaron los volúmenes, toneladas y Li presente en cada uno de los bancos.

La tabla dinámica ha servido para evaluar diferentes periodos de vida de mina, y para establecer 4 fases para el desarrollo del proyecto, tanto de mina como de planta, que incluye la estimación de mineral, de estéril y de producción de Li_2CO_3 por año de explotación.

Con los criterios establecidos se generó una estructura de minado. Para el cálculo de material a extraer (mineral y estéril) en cada banco. Las características y parámetros internos del software utilizado son de exclusivo derecho de la empresa y no pueden ser definidos en este trabajo, al encontrarse dentro del acuerdo de confidencialidad.

Finalizada la estructura de minado para cada una de las fases de estudio, se calculó un acopio de mineral según la diferencia entre el mineral minado entre los diversos periodos y aquel que va directamente a la planta. En el caso de un déficit de material a planta, el acopio compensará y mantendrá la producción constante.

Por último, se realizó una evaluación de la ley de mineral (High Grade y Low Grade) desde el minado, pasando por el acopio y el tratamiento en planta. Esto se llevó a cabo elaborando una matriz que incluye el banco minado, el volumen del material extraído y la ley de Li en cada una de las fases. Este cálculo indica los períodos para los que hay una baja de ley, y con ello las toneladas de mineral de alta ley necesarias para cumplir con los requisitos de la planta.

Consecutivamente, se evaluó el valor actual y futuro del proyecto en base a indicadores financieros. Estos parámetros económicos fueron resueltos por medio del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa de Interna de Retorno (TIR).

El modelo económico desarrollado se fundamenta en la evaluación de diversos factores claves que influyen en la rentabilidad del proyecto. Entre ellos se consideró el precio del producto final en el mercado, los costos operativos y de planta, mantenimiento de equipos, arrendamientos y las posibles ventas. Además, se incorporaron variables técnicas como los insumos, productos, leyes de mineral para ambos casos de estudio, y factores de corrección específicos (estéril de flotación, tostación-lixiviación y precipitación). También se incluyeron los costos de movimiento del material y la inversión total requerida. Finalmente, se evaluó el flujo de caja proyectado, considerando amortizaciones e impuestos aplicables del 25% de la producción, a fin de obtener una visión integral de la viabilidad económica del proyecto.

El VAN fue calculado en base al sumatorio del flujo de caja de proyectados para cada año, descontados a una tasa del 8%, correspondiente con el riesgo asociado a la operación. A este valor se le restó la inversión inicial, con el objetivo de estimar el retorno actual de la inversión.

En cuanto al TIR, se determinó en base a una tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero. Es decir, representa la rentabilidad porcentual del proyecto. Para que el proyecto sea considerado rentable, la TIR debe ser superior a la tasa de descuento aplicada.

Ambos indicadores fueron evaluados en función de los beneficios económicos derivados de las leyes de Li consideradas, permitiendo establecer el potencial retorno de la inversión en el menor tiempo posible.

4. ANTECEDENTES DE LA ZONA DE ESTUDIO

La actividad minera histórica en el ámbito del proyecto tuvo lugar principalmente desde finales del s. XIX hasta la década de los años 70 del s. XX, en la que se explotaron filones de cuarzo con mineralización de Sn (casiterita) y subordinadamente de Li (amblygonita-montebrasita). Desde su abandono hasta los años 80, solo existe algún intento aislado de recuperar algunas labores de interior con objeto de valorar el potencial de estos elementos.

Entre 1985 y 1991, se realizó una investigación que incluía entre otros trabajos, la realización de zanjas y calicatas, la recuperación de labores y la realización de una campaña de sondeos. Los buenos resultados preliminares llevaron a la consolidación de un ambicioso proyecto de investigación de Li-Sn con una campaña de investigación de sondeos, muestreos, evaluación de recursos y ensayos de concentración y producción de Li_2CO_3 .

En 1991 se realizaron 42 sondeos de circulación inversa según una malla de 70 m x 45 m con una orientación NO-SE, y se trata de la mayor parte de los sondeos disponibles del yacimiento que han sido el eje principal para el desarrollo de este informe (Tabla 3).

Aunque bastante tiempo después, los buenos resultados llevaron a que entre diciembre de 2016 y marzo de 2017 se llevase a cabo una segunda campaña de perforación (8 sondeos de testigo continuo y 2 de circulación inversa; Tabla 3) en base a un permiso de investigación de 2 cuadrículas mineras. El objetivo principal del promotor fue validar los resultados de la primera campaña y ajustar la estimación de recursos.

Además, en el año 2018 se aprobó una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), según lo dispuesto en la Ley 16/2015, de 23 de abril de protección y además una Autorización Ambiental Unificada (AAU) que se desglosa de la Ley 16/2015, de 23 de abril, de Protección Ambiental, la cual señala en su anexo II, apartado 2.1: “instalaciones de tratamiento asociadas a explotaciones mineras con una capacidad de tratamiento de productos minerales superior a 200.000 t/año o para cualquier capacidad cuando la instalación se encuentre a menos de 500 m de un núcleo de población” (Boletín Oficial del Estado, 2015)

Tabla 3. Resumen de alcance de investigación minera mediante sondeos.

Año	Empresa	Tipo de Sondeo	N° Sondeos	Longitud (m)
1985-1991	ASLOT	C. Inversa	42	8.533
2016-2017	MV	C. Inversa	2	260
		T.Continuo	8	1.675
Subtotal		C. Inversa	44	8.793
		T. Continuo	8	1.675
Total			52	10.468

El permiso de investigación se considera dentro del grupo de “Industria Extractiva” con aprovechamiento de la sección C, e incluyó una superficie total de 397 ha, de la cuales, 169 ha, son propias de las instalaciones de la mina y 27 ha de la corta final.

Las validaciones y análisis de los sondeos fueron llevados a cabo por las empresas contratistas y que desde su informe técnico se define que los sondeos fueron localizados y verificados a partir de planos históricos que mostraban su ubicación con referencias topográficas y una malla local. Debido a la naturaleza del depósito, no se considera que la potencial inexactitud en la localización de los sondeos haya podido afectar a la definición global de la mineralización. Los nuevos sondeos fueron realizados a la menor distancia posible de las localizaciones originales (la máxima distancia es de 14 m entre el DDH0003

y SJ-4C en el emboquille), dado que se necesitaba investigar el sistema de filones y diques (Figura 21).

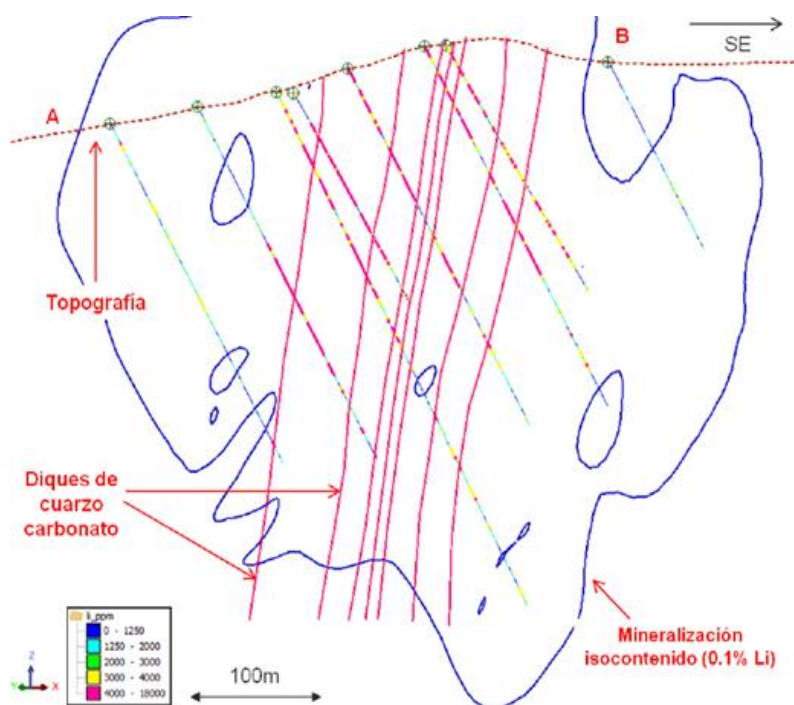


Figura 21. Sección tipo del yacimiento (Mining Sense, 2018).

El análisis estadístico de los sondeos de validación (Figura 22), ha comprendido los siguientes aspectos:

- Diagramas Q-Q de comparación de la distribución de leyes de Li entre cada par de sondeos y para todos los datos de sondeos de circulación inversa v/s testigo continuo.
- Diagramas que muestran las variaciones de ley de Li en profundidad para cada par de sondeos.
- Diagramas que muestran las diferencias relativas en intervalos de grado de Li para sondeos de circulación inversa y testigo continuo.
- Comparativa de todas las estadísticas relevantes.

La obtención de las muestras de circulación inversa fue realizada a partir de un ciclón adaptado en la sonda de perforación, del cual se pasa íntegramente a una bolsa plástica. Toda la muestra fue posteriormente cuarteada a 87.5:12.5, de forma que se recuperaron

unos 3 kg de muestra para su análisis. Se conservaron duplicados de la muestra original para futuros análisis, en bolsas plásticas que fueron fotografiadas.

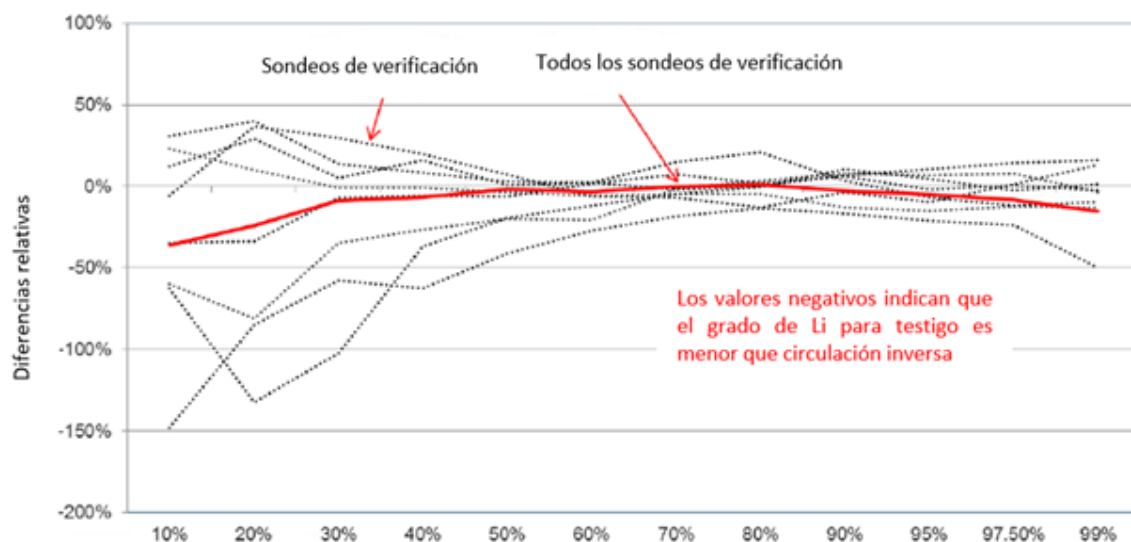


Figura 22. Valores de validación de sondeos (Empresa promotora del permiso).

Los testigos de sondeo, diámetro HQ, están descritos desde el punto de vista geológico, estructural y geotécnico y posteriormente fotografiados y cortados longitudinalmente en dos mitades; se tomaron muestras a intervalos de 1 m, en función de los cambios litológicos.

Una mitad se registró y guardó en el almacén de testigos y la otra se envió a un laboratorio nacional (acreditación ISO 9001:2008) para su preparación. Las muestras de circulación inversa fueron secadas en horno y trituradas a 1 mm. Mediante cuarteo se obtuvo una muestra de 0,4 Kg y se pulverizó al 85% con un paso de 75 μ m. Los testigos del sondeo fueron previamente machacados con molino antes de seguir el mismo procedimiento.

Las muestras ya preparadas fueron analizadas en un laboratorio extranjero con el set analítico ME-ICP61 + Li-ICP61 (33 elementos, cuatro digestiones ácidas y análisis por ICP-AES) y analizando los siguientes elementos: Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Sc, Sn, Sr, Th, Ti, Tl, U, V, W y Zn.

La base de datos de sondeo fue regularizada a intervalos de 2 m de potencia, previamente a la estimación de recursos, con el objeto de minimizar cualquier sesgo por la longitud de la muestra. Por otra parte, esta ha sido la longitud dominante de las muestras de la base

de datos. Además, se realizó un estudio estadístico de las variables mineras a partir de los análisis geoquímicos de Li, Cs y Fe. En el caso del Li, el número de muestras fue de 4.244.

Finalmente, se resuelve del informe técnico que los sondeos no afectaron a la mineralización del yacimiento, creando una situación favorable para el desarrollo de los posibles escenarios que se pueden generar en los diversos softwares como SURPAC Y WHITTLE.

5. CONTEXTO GEOLÓGICO

El área correspondiente al permiso de investigación La Fregeneda, se localiza en Zona Centroibérica del Macizo Ibérico, concretamente en el Dominio del Complejo Esquisto Grauváquico (Figura 23. A). En ella afloran dos conjuntos metasedimentarios separados por la discordancia sárdica, y un gran volumen de rocas graníticas variscas. La zona muestra importantes procesos tectónicos y de cizallamiento, como por ejemplo la Cizalla Dúctil de Juzbado-Penalva do Castelo. Las descripciones geológicas que indican a continuación se han tomado de la memoria del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 Hoja nº 474 “La Fregeneda” (ITGE, 2000).

Basamento

El conjunto metasedimentario corresponde al CEG (Figura 23, A) que presenta una edad neoproterozoico-Cámbrico Inferior (500 Ma). Está formado principalmente por alternancias de lutitas, areniscas y conglomerados, generados en un ambiente sedimentario de abanicos submarinos profundos en condiciones regresivas.

Tras la orogenia varisca que tiene lugar entre el Devónico y Carbonífero, comienza una fase de extensión y adelgazamiento de la corteza que favorece la fusión de gneises glandulares y antiguos granitos. Esto da lugar a un amplio grupo de rocas ígneas graníticas (Figura 23. B), principalmente leucogranitos de dos micas de composición diorítica, durante la propia deformación varisca (sincinemáticos) y en una etapa tardía (tardicinemáticos), con un rango de edades de entre 320 y 310 Ma.

En la zona se presentan abundantes pegmatitas encajadas en metasedimentos del CEG, formada también durante la orogenia Varisca, y constituyen el denominado campo

pegmatítico de la Fregeneda. Encajan a lo largo de las discontinuidades de los metasedimentos, que presentan una importante red de fracturas y fallas con direcciones N-S, NNE-SSO, ONO-ESE y ENE-OSO. Este campo pegmatítico limita por el N y E con Portugal, por el NO con el granito de Saucelle (alcalino), por el SE por el granito de Lumbrales (leucogranito peralumínico) y por el S con un granito de dos micas que a su vez es cortado por el granito de los Arribes (Figura 23, B).

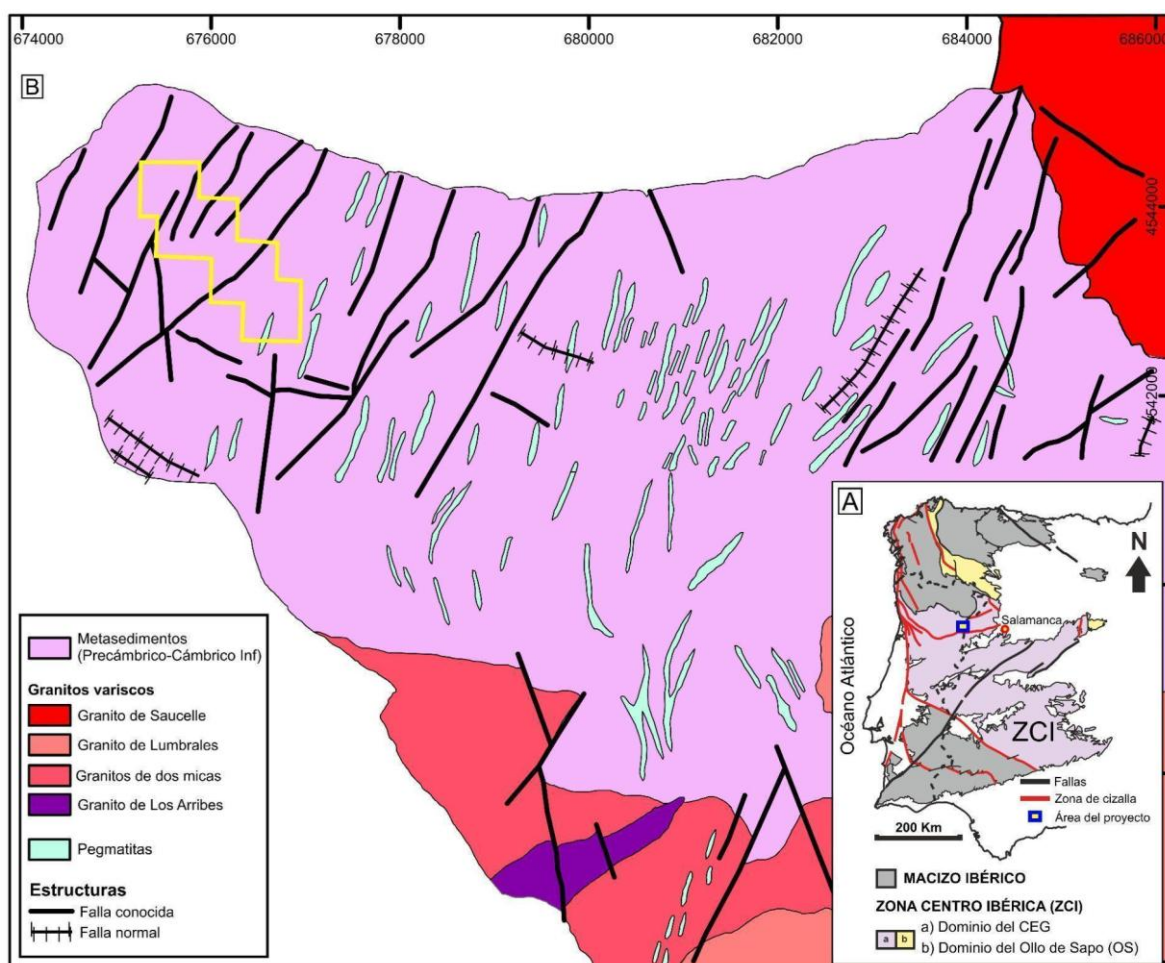


Figura 23. A) Mapa geológico del Macizo Ibérico con la subdivisión de Dominios y la localización del Proyecto de Explotación (modificado de Martínez Catalán et al., 2014). B) Mapa geológico general del campo pegmatítico de La Fregeneda, donde se ha incluido la demarcación del proyecto de explotación (modificado de ITGE, 2000).

En el área se han identificado 11 tipos de pegmatitas que se agrupan en: 1) pegmatitas estériles con cuarzo y feldespato-K > albíta, moscovita, turmalina ± andalucita ± granate; 2) pegmatitas-aplitas discordantes intermedias enriquecidas en albíta con fosfatos de Fe-Mn, montebrasita, moscovita, biotita y feldespato-K con altos contenidos de Rb y Cs (Roda et

al., 1999); 3) pegmatitas-aplitas discordantes fértiles enriquecidas principalmente en minerales de Li y/o casiterita, menos abundantes (Vieira et al., 2011).

En la etapa tardivarisca (308 Ma), se origina la Zona de Cizalla Dúctil Juzbado-Penalva do Castelo (Figura 23, A), que se extiende más de 160 km entre España y Portugal, atravesando el NO de la provincia de Salamanca con dirección N70°E y desplazamiento senestro. La cizalla divide la región en dos dominios: al N, el Dominio del Domo del Tormes, con secuencias preordovícicas fuertemente metamorizadas e intruídas por granitos, y al S, el Dominio del Complejo Esquisto-Grauváquico, con extensas series preordovícicas de bajo metamorfismo. Esta estructura genera una alta deformación a gran profundidad (10-15 km) sin rotura, debido a la reorganización cristalina de los minerales y la foliación, originando milonitas.

Cobertera

Durante el Mesozoico (251-65,5 Ma) la erosión dismantela el orógeno Varisco y los sedimentos resultantes se acumulan en cuencas sedimentarias cercanas. Mientras que en el Cenozoico tiene lugar el orógeno Alpino, que reactiva las fracturas variscas y posteriores, provocando el hundimiento de bloques y la elevación de nuevos relieves. Estos son erosionados y forman los sedimentos terciarios que rellenan zonas deprimidas como la cuenca del Duero.

Los materiales cuaternarios (Holoceno) son escasos, tanto en extensión como en número de afloramientos y su formación está relacionada con la acción fluvial (depósitos aluviales), y gravitacional (depósitos coluvionares). Cabe destacar el encajamiento de la Arribes del Duero producido por este río durante el Cuaternario (2,5 Ma). Este accidente es el resultado de la erosión remontante a partir del comienzo del drenaje de la cuenca del Duero hacia el Atlántico.

6. DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO DEL PROYECTO LA FREGEDA

El yacimiento La Fregeneda presenta dos tipos principales de mineralización ambos relacionados con un fluido hidrotermal asociado a la intrusión de un cuerpo granítico. La principal mineralización corresponde a un sistema de filones que conforman un stockwork

y la segunda es producto del metasomatismo producido por el fluido hidrotermal en la roca encajante. A continuación, se describen en detalle ambas mineralizaciones.

6.1. Mineralización filoniana

Se trata de un sistema de filones y diques de cuarzo y cuarzo-pegmatitas con mineralización de Li-Sn, que constituyen un stockwork superficial. La potencia de estos filones y diques varía desde pocos centímetros hasta 1 m de espesor y el sistema presenta unas dimensiones superficiales de 800 x 600 m y 350 m de profundidad.

Existen diferentes direcciones para la mineralización filoniana que pueden ser agrupadas en:

- Filones N30°/subverticales y N50°-60°E y N130°-140°E con un buzamiento entre 70°-80°NE, que muestran mineralización de amblygonita-montebrasita y casiterita.
- Filones N130°E/20°SO que intersectan a los anteriores y contienen gran cantidad de lepidolita y zinnwaldita (con ciertos contenidos de Li), junto con casiterita dispuesta hacia los bordes de los filones.

En ambos casos se han observado como minerales accesorios o secundarios, feldespato potásico, apatito y circón y rutilo que están, presentes en menor proporción.

La mineralización es debida a la intrusión en profundidad de un batolito granítico, aunque bajo dos hipótesis genéticas: a) mineralización procedente del emplazamiento y consolidación del batolito; b) mineralización debida a un pequeño stock granítico en profundidad que originó el metasomatismo de B-F-Li y Cs y las venas mineralizadas. Actualmente la hipótesis “b” es aquella que más se adecua al yacimiento que estaría relacionado con un haz filoniano que tiene su origen en una intrusión granítica emplazada a una profundidad relativamente pequeña. A poco más de 1 Km al SE del yacimiento afloran granitos biotíticos tectonizados que pueden corresponder a las raíces de intrusiones leucograníticas con mineralizaciones de Sn-W-REE.

Los filones encajan en pizarras, cuarcitas y areniscas de edad ordovícica que muestran metamorfismo regional de bajo grado, y un fuerte metasomatismo producido por la intrusión de un batolito granítico próximo, que da lugar a la mineralización stockwork y a la vez genera esta segunda mineralización que se explica a continuación.

6.2. Mineralización en la roca encajante (metasomática)

El sistema filoniano descrito presenta una mineralización en la roca encajante de tipo metasomático, generada por el ascenso del mismo fluido hidrotermal que formó el stockwork. Esta mineralización se localiza principalmente en las pizarras, cuarcitas y areniscas del ordovícico, y se caracterizan por una intensa alteración hidrotermal, que incluye turmalinización, sericitización, transformación de mica a micas litiníferas, etc.

En la zona apical del batolito granítico, y en especial en el contacto con las rocas encajantes, se generó la acumulación de fluidos que provocaron una acumulación de Si, K, Na y P, junto a metales como Sn, W, Nb-Ta, Li, Cu, Pb, Zn, Ag y Mo. Estas condiciones favorecieron la formación de una paragénesis metasomática, donde el encajante muestra altos contenidos de Li en micas de tipo moscovita-fengita (en metasedimentos con turmalina), de Cs en biotitas y de Rb, tanto en moscovitas como en biotitas. Además de esta mineralización de Li destaca la presencia de casiterita. En cuanto a la ganga, esta se compone de cuarzo, feldespato y turmalina, junto a zircón, apatito y rutilo como accesorios.

7. LEGISLACIÓN APLICABLE AL PROYECTO LA FREGENEDA

El proyecto La Fregeneda, debe considerar y dar cumplimiento al Reglamento General para el Régimen de la Minería (RGRM) 2857/1978, de 25 de agosto, en particular a su artículo 89. En tal caso, el proyecto debe reunir un informe de naturaleza del yacimiento, así como el estudio de factibilidad, resolviendo el aprovechamiento de éste, según lo dispuesto en los apartados b y c del artículo mencionado. Consecuentemente, se debe dar conformidad a la Instrucción Técnica Complementaria (I.T.C) 07.1.02 “Trabajos a Cielo Abierto. Proyecto de explotación”.

Explotación

- Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas (B.O.E núm. 176, de 24/07/1973).
- Ley 6/1977, de 4 de enero, de fomento de la minería.
- Ley 54/1980, 5 de noviembre, de modificación de la Ley de Minas, con especial atención a los recursos minerales energéticos.
- Real Decreto 3255/1983, de 21 de diciembre, por el que se aprueba el Estatuto del Minero.

- Real Decreto Legislativo 1303/1986, de 28 de junio, por el que se adecúa al ordenamiento jurídico de la Comunidad Económica Europea el título VIII de la Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.

Finalmente, en el Anexo I se adjunta el Documento de Seguridad y Salud correspondiente al proyecto de explotación La Fregeneda.

8. MÉTODO DE EXPLOTACIÓN

Debido a las características del yacimiento, el sistema de explotación a utilizar será el convencional de arranque con perforación y voladura, carga y transporte con volquete de estéril y mineral.

El cálculo del equipo necesario para la operación de extracción minera se ha realizado contando 246 días de trabajo anual para los cerca de 20 años de explotación, 5 días por semana y 2 turnos de 8 horas cada uno, cubriendo un total de 16 horas diarias de trabajo.

El recurso mineral presente en el proyecto La Fregeneda, de acuerdo con los resultados del estudio de la mineralización se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Recurso minero proyecto La Fregeneda (Empresa promotora).

Clase	Tonelaje (Mt)	Li (%)	Li ₂ O (%)	Sn (ppm)
Indicado	23,9	0,31	0,67	221
Inferido	68,3	0,26	0,56	230
Total	92,3	0,27	0,6	228

Con anterioridad a cualquier actividad, la zona de explotación será desbrozada de vegetación y el suelo será decapado hasta -0,3 m con tractores de cadenas y el material se transportará en volquetes mineros articulados hasta las zonas de acopio. La vegetación arbórea será retirada y la arbustiva y herbácea triturada y mezclada en las pilas de suelo decapado para su uso en la rehabilitación.

Todos los datos expuestos a continuación provienen del informe técnico de perforación y voladura entregado por la empresa responsable.

8.1. Perforación y voladura

La perforación y voladura se emplea para el arranque de todos los materiales rocosos de la corta. Para ello, se realizaron bancos de 10 m, que minimizan la dilución y disminuyen el movimiento o dispersión de los bloques volados. El estéril de mina también será perforado y volado en bancos de 10 m, para reducir costes y aumentar la productividad. Todo lo expuesto se resume en la tabla 5, junto a otros parámetros importantes.

Los equipos de perforación llevarán martillo en fondo y martillo en cabeza de 150 mm y 89 mm de diámetro respectivamente, estimando un ratio de perforación de 33 m/SMU/hora. El material volado se excavará en pasadas de 2,5 m de espesor, que estará modificado por el factor de esponjamiento (125 %) generado en la voladura. Se asume que toda la roca necesitará voladura y que un 20 % además, lo necesitará en condiciones húmedas (valor de humedad: 3 %). Los explosivos serán suministrados diariamente por una empresa externa y se ha calculado un consumo específico de explosivo de 0,5 kg/m³.

Tabla 5. Parámetros de perforación estimado.

Parámetro	Valor	Unidad
Ritmo de perforación	33-25	m/hora
Índice de reperforaciones	15	%
Disponibilidad	75	%
Material con voladura	100	%
Producción efectiva	731	t/hora

8.2 Diseño de corta

Los criterios de diseño de la corta adoptados por la empresa son los siguientes:

- Estándares de diseño en la industria minera; factor de seguridad (“FoS”) donde los parámetros de resistencia a rotura se han estimado usando un análisis determinístico.
- Para taludes de banco donde la estabilidad estará probablemente controlada por fracturas, el diseño aceptable se basa en la probabilidad de rotura (“PoF”).
- Criterios publicados de diseño de anchura de berma. Los criterios de aceptación son los siguientes:

- Talud general e inter-rampa – FoS =>1,2
- Talud de banco (Swan y Sepulveda, 2000) – PoF <=30 %
- Anchura de berma (Ryan y Pryor, 2000) – $0,2 \times (\text{Altura de banco}) + 4,5$

A continuación, se presentan los resultados técnicos correspondientes al diseño preliminar de la explotación que incluye la optimización de la corta, diseño de taludes, rampas, plataformas de trabajo y pistas mineras. Las decisiones de diseño han sido tomadas según estándares reconocidos en la industria y normativa aplicable, para garantizar la viabilidad técnica y operacional del proyecto.

8.2.1. Optimización de corta

La optimización de corta se realizó utilizando el algoritmo de Lerchs Grossman, a partir del modelo de bloques y usando los parámetros descritos en la tabla 6. La selección de la corta final y sus diferentes etapas de desarrollo se determinaron a partir de la capacidad de la planta y una vida de mina conceptual entre 20 y 30 años.

El modelo de bloques fue nuevamente ajustado a un tamaño de bloque de 10 x 10 x 5 m para la optimización y el establecimiento de las fases de desarrollo de la mina. Este tamaño de bloque representa la Unidad Minera Mínima para el diseño preliminar, que requerirá un trabajo posterior de refinamiento cuando se disponga de toda la caracterización geotécnica de materiales.

Tabla 6. Parámetros para optimización de corta.

Parámetro	Valor	Observaciones
Ángulo de talud inter-rampa	48°	-
Coste de mina	3,0 US\$/t	Roca
Unidad Mínima Minera	10 x 10 x 5 m	-
Coste de proceso	90 US\$/t	Mineral
Recuperación de Li	56%	-
Venta Li_2CO_3	12.000 US\$/t	Incluye costes de venta y royalties

8.2.2. Diseño de taludes

El estudio geotécnico preliminar ha permitido el establecimiento de los ángulos de talud, que, en todo caso, se consideran conservadores. El ángulo de diseño se basa en los resultados cinemáticos del talud de banco y los criterios de anchura de berma, lo que proporciona un ángulo máximo entre rampas de 43° a 48° (Tabla 7).

Tabla 7. Parámetros de taludes.

Parámetro	Valor	Observaciones
Talud inter-rampa	48°	-
Anchura de berma	5 m	-
Altura de banco	10 m	-
Talud de banco	65-60°	-
Número de bancos	23-13	Finales
Anchura de rampa	19 m	Camión CAT 745C

8.2.3. Diseño de rampas

Las rampas se han diseñado de acuerdo con la ITC 07.1.03. La anchura de pista minera será 19 m, para permitir el tránsito en paralelo de dos camiones articulados Caterpillar 745C, con suficiente margen de seguridad (anchura de 4,1 m). Por otro lado, la pendiente longitudinal máxima será del 10%, para que el equipo pueda subir con carga sin sobreesfuerzos y para poder frenar de manera controlada al descender.

8.2.4. Plataformas de trabajo

La anchura mínima de las plataformas de trabajo será de 30 m, permitiendo a los equipos de transporte maniobrar sin peligro. Únicamente el fondo de corta podrá tener una anchura menor, que no será inferior a 20 m.

8.2.5. Pistas mineras

El diseño de pistas fue realizado teniendo en cuenta los estándares genéricos, que asegura que las dimensiones son aceptables desde el punto de vista de la seguridad minera (Figura 24).

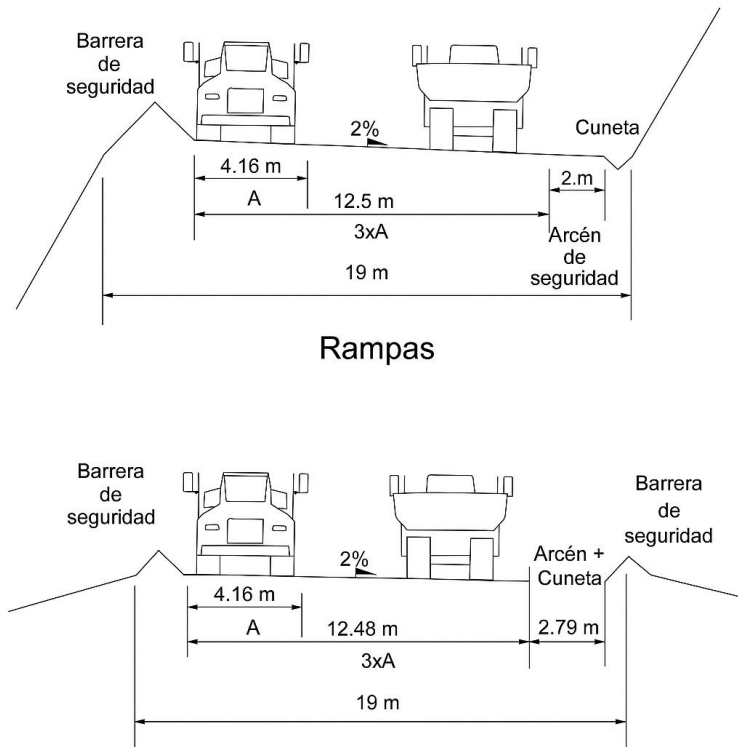


Figura 24. Diseño de rampas (Empresa promotora).

Todas las pistas mineras y rampas principales serán construidas con un ancho suficiente para permitir la circulación y tránsito seguro de dos camiones en sentido contrario durante la fase de operación. Por ello, las pistas exteriores tendrán una anchura mínima de 19 m, una pendiente longitudinal máxima del 10% y pendiente transversal del 2% hacia uno de los lados de la pista. El diseño tendrá en cuenta:

- Las pistas y sus drenajes serán diseñadas para permitir la evacuación del exceso de agua de escorrentía, que serán recogidas a través de las cunetas.
- Las bermas serán seguras, con una altura de no menos de 1 m o mayor a la altura del eje de la rueda del vehículo de mayores dimensiones.

- Se usarán camiones de riego de pistas y rodillos para la compactación de materiales durante la construcción.
- Cada 300 m se realizará una medida precisa de las pendientes y cotas alcanzadas.
- Los cruces de pistas serán en ángulo recto o hasta 70° con una pendiente horizontal en las zonas de incorporación y 75 m entre intersecciones (Figura 25).

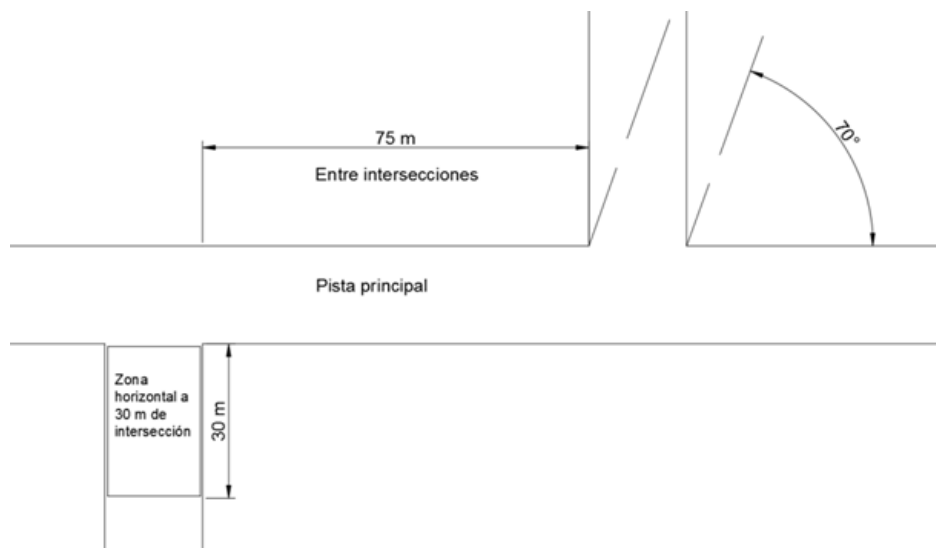


Figura 25. Características de las intersecciones de pistas.

9. MÉTODO DE PROCESAMIENTO: Definición del Diagrama de Flujo

La empresa promotora llevó a cabo diversos programas de ensayos metalúrgicos con el objetivo de definir una estrategia de procesamiento adecuada para la recuperación de Li. Las pruebas incluyeron ensayos de liberación de partículas, concentración gravimétrica, floculación selectiva, flotación, tostación-lixiviación, entre otros. El proceso descrito lo realizó la empresa promotora a partir de sus consultores, el cual se describe a título informativo.

Inicialmente los ensayos indicaron que el grado de liberación de la mica mejora con una molienda hasta $75\ \mu\text{m}$. Sin embargo, reducir la granulometría por debajo de este valor generaba un incremento de partículas finas que no eran susceptibles de ser flotadas.

Posteriormente, en las pruebas de flotación (85°C), la empresa obtuvo una recuperación del 60,9% del Li total en el concentrado de mica a 1,1% Li_2O y registró pérdidas totales del 8,5%. Por último, un 30,6% del Li total se encontró en limos (1,1% Li_2O).

Comparando la composición química entre el material de cabeza de flotación y el concentrado, se observó un enriquecimiento notable en los elementos característicos de la mica como el Li (de 3,46 a 6,66% wt) y el K. El B, asociado a turmalina, disminuyó significativamente (de 3,1 a 1,1% wt de B_2O_3) debido a su eliminación en la flotación.

Para la eliminación del B se evaluaron dos tipos de solventes (Iso-octanol y 2-etil-1,3-hexanediol (EHD)), que se aplicaron en solución de 20% y que resultaron más eficaces en condiciones ácidas. Comparando los análisis de licor antes y después de la extracción, las pérdidas de Li fueron despreciables.

Para el caso de tostación y lixiviación, inicialmente se realizaron tests de tostación con sulfato sódico (Na_2SO_4) y sulfato potásico (K_2SO_4) con agentes extractantes. Los productos fueron analizados por difracción de rayos X, reconociendo la presencia de micas que indicaban que la descomposición es incompleta, por lo que la empresa decidió subir el tiempo de tostación a 2 horas, lo que evidenció una mejora significativa de la recuperación de hasta el 72,1% en el caso del K_2SO_4 . La recuperación del B también incrementa del 8,2% al 29,3%, ya que era necesario optimizar su reciclaje para la utilización en el proceso de tostación.

El licor de lixiviación generalmente era ácido (pH 4) y contenía elementos como Mg, Al o Fe. El producto de neutralización fue una mezcla de sulfato cálcico ($CaSO_4$)-potásico (K_2SO_4) poco soluble, que provocó significantes pérdidas de K durante la neutralización. Se debían realizar test metalúrgicos adicionales para incrementar la recuperación del K_2SO_4 ,

Después de la eliminación de impurezas, el licor consistía básicamente en Li, K y otros metales alcalinotérreos. El Li después de la extracción del B es todavía muy bajo para la precipitación de Li_2CO_3 (4 gr/l). El licor es entonces concentrado por un factor de 2,6 a una concentración de 10,3 g/l.

La concentración también produce la precipitación del K_2SO_4 que fue eliminado por filtración previamente a la precipitación del Li_2CO_3 . Debido al pH ácido después de la extracción de B, el licor debió ser neutralizado con NaOH.

La recuperación de Li alcanzó el 52,1% wt y contenía básicamente Na (derivado del reactante) y K como impurezas, además de otros elementos que debían ser eliminados. El licor residual aún mostraba una cantidad significativa de Li, el cual fue reciclado para su

recuperación, siendo necesario eliminar el Na en una nueva etapa. El exceso de Li_2CO_3 fue eliminado mediante la adición de ácido sulfúrico, seguida de cristales de Na_2SO_4 como sal de glauberita, enfriando el licor.

Tras los resultados obtenidos, la empresa propuso un diagrama de flujo preliminar (Figura 26) basado en las siguientes etapas: 1) Trituración y molienda, 2) Concentración mediante flotación; 3) Tostación con sulfatos, 4) Lixiviación con agua; 5) Purificación; 6) Precipitación de Li_2CO_3 ; 7) Purificación del Li_2CO_3 ; 8) Precipitación del Li_2CO_3 purificado y secado.

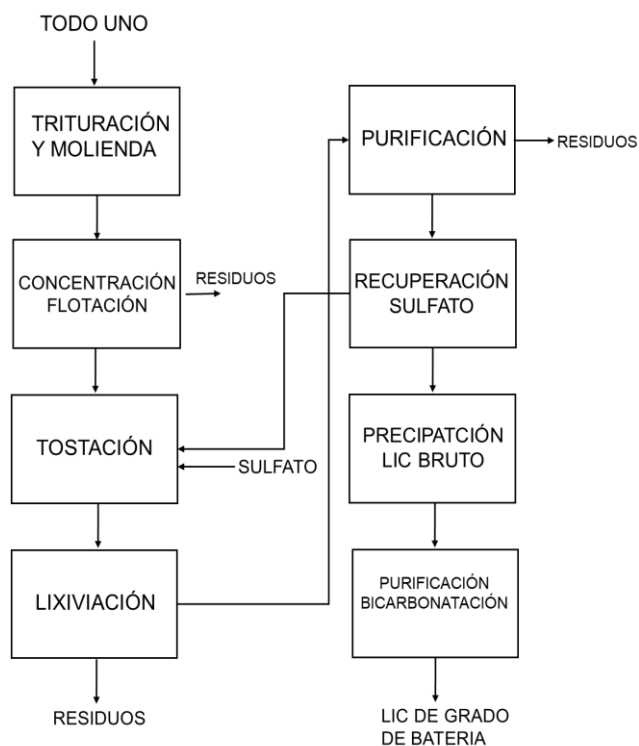


Figura 26. Diagrama de flujo.

9.1.1. Trituración y molienda

El mineral extraído de mina con una ley promedio de 0,86% Li_2O , se coloca en un acopio de mineral. Una pala cargadora alimenta la tolva de la machacadora primaria que tiene un caudal de 160 t/h, aunque su tamaño se definirá en un proyecto posterior, previo a la construcción de la misma. El objetivo será reducir tamaños de voladura a menos de 300 mm.

La descarga de la machacadora primaria se transportará mediante cinta a un acopio de 10.000 t de capacidad, equivalente a unos 3 días de descarga. Este acopio es un colchón para operar la planta sin depender de la producción de mina o del acopio de mineral, lo que permite la operación en mina durante un turno o sin trabajar los fines de semana.

Desde el acopio de mineral machacado se alimenta por cinta un molino SAG (molienda semi-autógena), que opera en circuito cerrado con hidrociclones y una entrada de agua de unos 79 m³/h. El tamaño de salida debe tener un p80 menor de 212 µm, que se considera el tamaño de liberación del concentrado de Li. La pulpa ya clasificada pasa al tanque de cabeza de flotación.

9.1.2. Concentración

El circuito de concentración consiste en un tanque de cabeza, seguido de un tanque acondicionamiento, donde la densidad de la pulpa es ajustada y se añaden los reactivos de flotación. En ocasiones también se utiliza el término “beneficio” para referirse a esta etapa del proceso.

Los lodos de concentración serán espesados y filtrados, utilizando espesadores de unos 12 m de diámetro y 4 m de altura con filtros prensa. El residuo sólido generado tiene un 15 % de humedad y se transportará mediante camiones a la instalación de estériles de planta. El circuito de estériles de concentración tendrá una capacidad de tratamiento de 96 t/h.

El concentrado de flotación, que contiene el Li, también será espesado y filtrado antes de ser transferido al aglomerado de concentrado, y el agua recuperada de la etapa de espesado del concentrado y del estéril, es devuelta al circuito de molienda y de flotación.

9.1.3. Tostación con sulfatos

El objetivo principal de la tostación con sulfatos es convertir los minerales que contienen Li, principalmente mica, y que son refractarios a la lixiviación, en minerales tipo sulfatos que son solubles en etapas posteriores.

El concentrado, una vez filtrado, es mezclado con K₂SO₄ y aglomerado para formar agregados de 10 mm. Posteriormente es introducido en un secador y luego, mediante una cinta, en un horno cilíndrico que funciona con gas natural, que alcanzará 850°C durante casi 20 minutos. Los gases producidos (Figura 27) son utilizados en la etapa de secado y

posteriormente purificados. Se trata de emisiones libres de material particulado, debido a que los gases atraviesan previamente un purificado en húmedo.

Emisiones CO₂ (t CO₂-e)	105.379
Emisiones CH₄ (t CO₂-e)	206
Emisiones N₂O (t CO₂-e)	62
Total Emisiones Gas (t CO₂-e)	105.647

Figura 27. Emisiones esperadas en la etapa de tostación al año.

El material, una vez fuera del horno, es enfriado antes de ser enviado a un tanque de regeneración de pulpa, generando lo que se denomina torta de tostación, que será enviada a la etapa de lixiviación.

Todo el mineral tratado en planta desemboca en estéril de flotación (60%), tostación-lixiviación (39%) y de precipitación (1%). Según estos porcentajes, se puede calcular el total de estéril generado por la planta restando la cantidad del Li₂CO₃ producido del total de mineral procesado, y multiplicando luego por los factores porcentuales señalados.

10. ACCIONES PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

El aprovechamiento del recurso mineral exige una planificación técnica que depende de las características geológicas del yacimiento, condiciones del entorno y los criterios de viabilidad económica y ambiental. En este apartado se describen las acciones preventivas para la explotación del yacimiento, incluyendo la justificación del método seleccionado, análisis de estabilidad de bancos, taludes y las instalaciones de estériles.

10.1. Justificación del método de explotación seleccionado

El método de explotación seleccionado en este proyecto ha sido el de minería convencional a cielo abierto, que está condicionado principalmente por la disposición superficial del mineral. La explotación prevista, constará de una sola corta en la superficie a realizar en 4 fases, junto a una escombrera de mina y un acopio de mineral, unidas mediante pistas de

transporte. No se ha optado por minería de transferencia a partir de una corta de explotación debido a la disposición de la mineralización.

La minería subterránea no es viable por las siguientes razones:

- Se trata de un yacimiento aflorante en pendiente.
- El yacimiento está diseminado en la roca y no se puede aplicar minería selectiva para separar estéril de mineral.
- Una explotación de interior requiere un método por hundimiento, con una afección a la zona del proyecto en superficie o bien la utilización de cámaras con o sin relleno. Esto implica reducir el aprovechamiento del depósito, ya que sería necesario dejar una zona sin explotar a techo de hasta 30 o 40 m largo.
- El análisis económico del proyecto indica que la minería subterránea tiene un alto coste en CAPEX y OPEX lo que reduce su competitividad.

10.2. Análisis de estabilidad

La estabilidad de taludes es un factor crítico en el diseño y operación segura de una mina a cielo abierto. Un análisis riguroso permite definir geometrías que aseguran la integridad física de las labores y de la eficiencia en el aprovechamiento del recurso. En esta sección se presentan los estudios realizados por parte de empresas que desarrollaron informes técnicos en el transcurso del diseño del proyecto.

10.2.1. Banco

Se ha desarrollado un análisis cinemático para taludes de banco tanto en materiales alterados como inalterados, identificándose una serie de estructuras de debilidad. El software de análisis estructural DIPS (Rocscience) permite calcular el riesgo potencial de deslizamiento a través de fracturas. Este potencial se expresa como PoF, e incluye el porcentaje de todas las geometrías analizadas que son cinemáticamente inestables.

La tabla 8 muestra los resultados de los análisis para los distintos dominios e ilustran los ángulos máximos aceptables, para talud de banco (BFA) y para los dominios alterados e inalterados. Asimismo, se incluyen los BFA para cada dominio y sector del talud que satisface el criterio de aceptación de diseño PoF.

Tabla 8. Resumen del análisis cinemático para masas de roca alteradas e inalteradas.

Dominio	Sectores talud	Talud de banco (°)
Material alterado	Este	55
Material fresco		60
Material alterado y fresco	Oeste	>65
Material alterado y fresco	Norte	>65
Material alterado y fresco	Sur	65

10.2.2. Talud general e inter-rampa

El talud inter-rampa (IRA) fue calculado a partir del software SLIDE (Rocscience) para una altura general de talud de 100 m. El modelo se compuso de una cobertera de material alterado de 20 m de potencia sobre material inalterado y un nivel freático conservador, situado a 20 m de profundidad con respecto a la superficie. El ángulo de talud inter-rampa se diseñó mediante una combinación del talud de banco y la anchura de berma (Figura 24) lo que proporciona un talud inter-rampa máximo de 43° a 48°. El criterio final adoptado en el informe técnico de estabilidad en el diseño de corta es de 47°.

El talud general incluirá, en cada caso, las distintas rampas que circulen por el talud y tendrá una inclinación menor o igual al talud inter-rampa. Una vez realizado el diseño de corta se comprobará la estabilidad del talud general con esta configuración de talud inter-rampa y la anchura de rampa de diseño.

10.2.3. Criterio geotécnico de diseño

El análisis de estabilidad ha tenido en cuenta el talud general, inter-rampa y de banco, con el nivel de detalle posible de acuerdo con los datos disponibles. Para este cálculo es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los criterios de diseño son aceptables para un diseño general de la corta a escala global.
- Es necesaria la revisión de los diseños una vez se hayan completado los diferentes ensayos e investigaciones complementarias necesarias.
- Los taludes inter-rampa se miden entre cabeza y cabeza de talud de banco o entre pie

y pie de banco, sin rampas intermedias.

- El talud general dependerá del número de rampas que atraviesen el talud.

Tabla 9. Parámetros geotécnicos de diseño.

Sector	Dominio	Dirección de buzamiento (°)	GSA (°)	IRA (°)	BFA (°)	Altura de banco (m)	Ancho de berma (m)
Este	Meteorizado ¹	225° - 315°	32-40	30	55	5	5
				40		10	5
	Fresco ²			32	60	5	5
				43		10	5
Oeste, Norte y Sur	Meteorizado y fresco	315° - 225°	39-43	34	65	5	5
				46		10	5
	¹ Meteorizado está definido desde la superficie hasta 20 m de profundidad ² Fresco está definido por debajo del meteorizado						

10.2.4. Estabilidad del talud general

Tras el diseño de la corta, las empresas relacionadas con el proyecto estudiaron su estabilidad para el mayor talud (altura total de 220 m), con el mismo criterio que para el talud inter-rampa (47°) y un factor de seguridad mayor de 1,2.

En la figura 28 se muestra la sección más crítica de la corta, y se puede observar el contorno del talud final, el círculo de falla más desfavorable, así como el valor del factor de seguridad (1,895) asociado a dicha superficie potencial de deslizamiento.

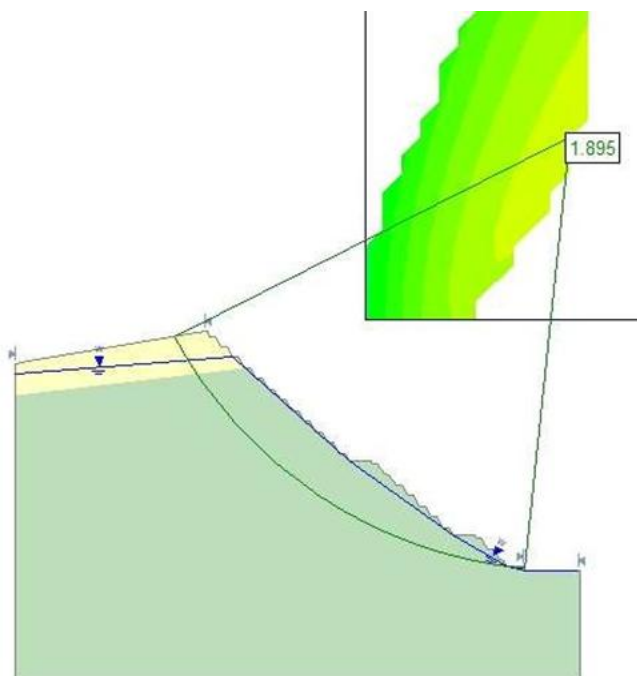


Figura 28. Análisis de estabilidad del talud general de mayor altura.

10.3. Análisis de estabilidad de instalaciones de estériles

Las diversas empresas en el desarrollo del proyecto han realizado estudios preliminares de la estabilidad de las instalaciones de residuos de proceso, el acopio de mineral y el talud oeste de la escombrera de estéril. Estos estudios geotécnicos permiten remarcar los siguientes aspectos:

- El estéril de mina es principalmente roca fresca con un ángulo de estabilidad $> 35^\circ$.
- Los residuos de proceso serán depositados, extendidos y compactados en las instalaciones de residuos construidas al efecto.
- Los residuos de proceso serán depositados como material filtrado de forma que se limitará el agua libre en la instalación.
- La mineralización muestra un contenido mínimo de arcilla.
- Las instalaciones tendrán un sistema de drenaje inferior para prevenir cualquier subida del nivel freático dentro de las instalaciones de residuos.
- Se asume un 80% de reducción de la resistencia después de un evento sísmico.
- Se asume que no se producirá licuefacción de los residuos de proceso debido a la baja sismicidad del emplazamiento, la metodología seleccionada para el depósito de residuos y el sistema de drenaje inferior.

Tabla 10. Factores de seguridad recomendados.

Condiciones de carga	Mínimo recomendado para balsas de residuos	Resistencia de corte usada para la evaluación
Drenado a largo plazo	1,5	Resistencia efectiva
Sin drenar a corto plazo (Pérdida potencial de contención)	1,5	Resistencia a la consolidación sin drenaje
Sin drenar a corto plazo (sin pérdida potencial de 1,3 contención)	1,3	Resistencia a la consolidación sin drenaje
Post sísmico	1,0-1,2	Resistencia de corte post sísmica

11. ESTUDIO DE LAS LEYES Y RESERVAS

El presente estudio de leyes y reservas, considerando dos tipos de leyes, ha sido realizado íntegramente por el autor del presente trabajo.

Las operaciones mineras cuentan con parámetros de estudios específicos que dependen de factores técnicos para determinar el procedimiento de extracción del mineral. Para establecer si una explotación se debe de realizar a cielo abierto o subterránea, es necesario considerar una gran cantidad de factores como por ejemplo la estructura mineralizada, relación de estéril, las características del terreno, costos asociados, impactos ambientales y sociales, entre otros.

Las explotaciones a cielo abierto son categóricamente una de las mejores opciones para extraer el mineral, debido a que los costos de inversión son menores comparados con los de minería interior y presenta una mejor secuencia de explotación, debido a que se tiene mayor movilidad de los equipos, maquinaria y de los propios trabajadores. Sin embargo, muestra problemas referentes al impacto visual.

En la minería de interior el principal problema, es la gran inversión que se debe de realizar para asegurar la buena producción, debido a que las circunstancias de trabajo conllevan más riesgos, como una baja estabilidad en frentes, que se soluciona con un mayor confinamiento del mineral que se traduce en un aumento de costos.

El proyecto de explotación minera que se analiza en este trabajo ha optado por la minería a cielo abierto, principalmente por la disposición superficial del yacimiento. De modo que la explotación consistirá en una única corta a cielo abierto, con cuatro fases de desarrollo, junto a una escombrera y un acopio de mineral, conectados mediante pistas de transporte.

La minería subterránea se descartó al estar el yacimiento en la ladera de una elevación, a que la mineralización está diseminada (impide una minería selectiva) y requiere métodos que afectarían a la superficie o reducirían el aprovechamiento del depósito y a los elevados costes de inversión y operación.

11.1 Determinación de leyes favorables para los diferentes escenarios de producción

Se han analizado dos posibles leyes de corte, con dos escenarios de explotación distintos:

- 1) Minería más centrada en las leyes altas y un ritmo de explotación menor, lo que reduce el costo de inversión al ser necesaria una planta más reducida.
- 2) Leyes más bajas, cercanas al punto de equilibrio entre costos e ingresos (break-even point) con un ritmo de producción mayor para producir una cantidad de producto similar a la opción anterior.

Los datos generados por las campañas de reconocimiento y los obtenidos por parte de la empresa, se presentan en la tabla 11. Esta incluye las dimensiones generales de los bloques (en los ejes X, Y y Z) para un total de 37.179 datos de tramos de sondeos. Con estos datos se define la ley de Li en ppm, tanto del bloque de mineral como de estéril, desglosando el total de toneladas y el contenido de Li en cada bloque.

Tabla 11. Base datos de las campañas de sondeos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K
1	X	Y	Z	classification_no	size (X)	size(Y)	size(Z)	bd	li_ppm	
2	728975	4370955	317.5	1	10	10	5	2.748593	2818.27463	
3	728985	4370945	317.5	1	10	10	5	2.758758	3104.20043	
4	728985	4370955	317.5	1	10	10	5	2.758758	3104.20043	
5	728995	4370945	317.5	1	10	10	5	2.758758	3104.20043	
6	728995	4370955	317.5	1	10	10	5	2.758758	3104.20043	
7	728965	4370965	317.5	1	10	10	5	2.755233	2590.79987	
8	728975	4370965	317.5	1	10	10	5	2.752815	2524.99245	
9	728975	4370975	317.5	1	10	10	5	2.755233	2590.79987	
10	728975	4370985	312.5	1	10	10	5	2.745032	2785.02933	
11	728975	4370985	317.5	1	10	10	5	2.745032	2785.02933	
12	728975	4370995	312.5	1	10	10	5	2.745032	2785.02933	
13	728975	4370995	317.5	1	10	10	5	2.745032	2785.02933	
14	728985	4370965	317.5	1	10	10	5	2.743546	3394.17053	
15	728985	4370975	312.5	1	10	10	5	2.746679	3521.48942	
16	728985	4370975	317.5	1	10	10	5	2.746505	3514.41615	
17	728995	4370965	312.5	1	10	10	5	2.749116	3620.51523	
18	728995	4370965	317.5	1	10	10	5	2.749116	3620.51523	
19	728995	4370975	312.5	1	10	10	5	2.747027	3535.63597	
20	728995	4370975	317.5	1	10	10	5	2.745286	3464.90325	
21	728985	4370985	312.5	1	10	10	5	2.755233	3061.1891	
22	728985	4370985	317.5	1	10	10	5	2.755233	3061.1891	
23	728985	4370995	312.5	1	10	10	5	2.755233	3061.1891	
24	728985	4370995	317.5	1	10	10	5	2.755233	3061.1891	
25	728995	4370985	312.5	1	10	10	5	2.753001	2989.41906	
26	728995	4370985	317.5	1	10	10	5	2.753187	2995.39990	
27	728995	4370995	312.5	1	10	10	5	2.755233	3061.1891	

Para definir una ley de corte óptima dentro del rango de datos de las campañas de sondeos, se optó por evaluar las leyes con mayor concentración por medio de la función de Gauss o distribución normal (Figura 29).

La variable “x” es la ley del mineral que se relaciona con la ley media, y que se representa por μ . Esto permite designar la desviación estándar (σ), resolviendo el cálculo de diversos porcentajes tras la integración de la ley de corte estimada y desglosando con ello los valores que están por encima o por debajo de la ley.

Incluyendo los datos entregados y resolviendo por medio de la ecuación de distribución normal en Excel, se indica una ley de Li desde 0 a 10.000 ppm (intervalos de 250) y que se indica en la tabla 9 con frecuencias y porcentajes acumulados.

Dominio: $Dom f = \mathbb{R}$
 Máximo: $\left(\mu, \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\right)$
 P. inflexión: en $x = \mu + \sigma$ y $x = \mu - \sigma$
 Asíntotas: el eje OX es una asíntota horizontal
 Simetrías: respecto a la recta $x = \mu$
 Monotonía: creciente $(-\infty, \mu)$, decreciente $(\mu, +\infty)$
 Signo: es siempre positiva
 P. Corte: $OY \rightarrow \left(0, \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\mu^2}{2\sigma^2}}\right)$

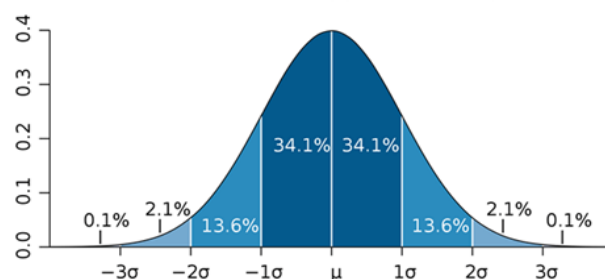


Figura 29. Parámetros de la distribución normal de concentración del elemento (Proyecto Descartes, 2011).

Tabla 12. Desviación normal de ley de Li (ppm).

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
0	7832	21.07%	0	7832	21.07%
250	469	22.33%	3000	3406	30.23%
500	261	23.03%	2750	3334	39.19%
750	256	23.72%	3250	3288	48.04%
1000	309	24.55%	2500	2878	55.78%
1250	419	25.68%	3500	2532	62.59%
1500	740	27.67%	2250	2474	69.24%
1750	1589	31.94%	3750	2043	74.74%
2000	2015	37.36%	2000	2015	80.16%
2250	2474	44.01%	1750	1589	84.43%
2500	2878	51.76%	4000	1490	88.44%
2750	3334	60.72%	4250	873	90.79%
3000	3406	69.88%	1500	740	92.78%
3250	3288	78.73%	4500	497	94.11%
3500	2532	85.54%	250	469	95.38%
3750	2043	91.03%	1250	419	96.50%
4000	1490	95.04%	1000	309	97.33%
4250	873	97.39%	500	261	98.04%
4500	497	98.73%	750	256	98.73%
4750	219	99.31%	4750	219	99.31%
5000	154	99.73%	5000	154	99.73%
y mayor...	101	100.00%	y mayor...	101	100.00%

Consecutivamente es necesario evaluar dicha desviación en un histograma que agrupe las columnas de clase, frecuencia y porcentaje acumulado. En la Figura 30 se indica una curva de porcentaje acumulado en función de la clase y un gráfico de barras que describe una inclinación de las leyes hacia la izquierda de la curva de porcentaje acumulado.

En base a la curva del gráfico, se aprecia que el 80 % de las muestras se concentran por debajo 3.750 ppm, lo cual es de mucha utilidad para establecer el siguiente criterio de leyes de corte bajo un enfoque económico y técnico:

- Una ley de corte baja podría situarse en torno a 2.300 ppm, si se busca maximizar el tonelaje con menor selectividad.
- Una ley de corte alta, más restrictiva, podría establecerse en torno a las 2.900 ppm, priorizando la ley y la rentabilidad del proceso.

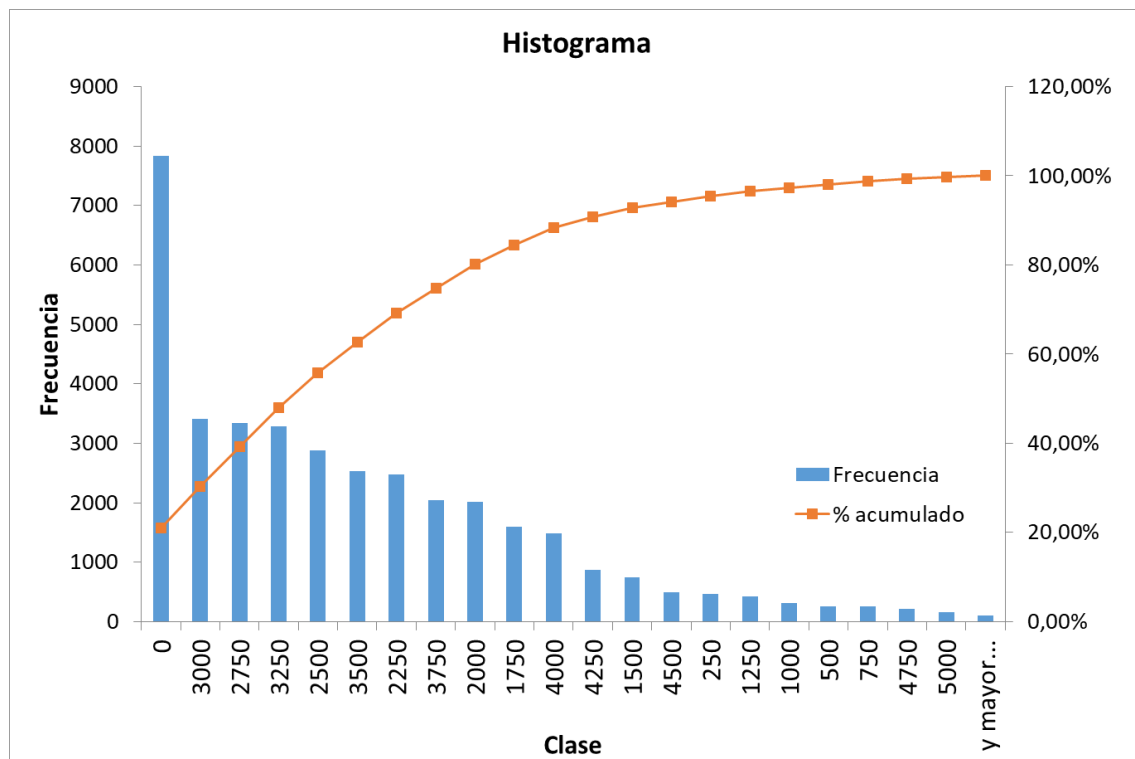


Figura 30. Histograma de leyes de Li y distribución de la frecuencia.

Estas nuevas leyes de corte generan el desglose de bloques que están presentes en la base de datos, y que pueden ser clasificados como mineral o estéril. Las leyes indicadas serán aquellas que se estudiarán en este proyecto, debido a la importancia del desarrollo de dos análisis de producción, que genera un aspecto relevante a la hora de presupuestar el avance del ritmo de explotación.

11.2. Estudio de Reservas

Las reservas se calcularon considerando dos factores principales: la confiabilidad geológica y el valor económico. Cabe destacar que la normativa española no exige la aplicación de un estándar internacional específico para la clasificación de proyectos de explotación. Por ello, únicamente se clasificaron como reservas aquellos recursos localizados dentro del depósito cuya extracción resulte económicamente viable.

Las tablas desde la 13 a la 16 presentan las reservas estimadas para cada una de las leyes determinadas. Estas reservas permiten dimensionar el volumen del mineral económicamente explotable y constituyen la base para el desarrollo del modelo económico del proyecto, ya que de ellas derivan las proyecciones de producción, ingresos esperados y la viabilidad financiera de la operación.

Tabla 13. Ejemplo de inventario de cada bloque del modelo para 2.300 ppm.

Ore/Waste ▾	volume ▾	tonnes ▾	li cont ▾	Bench5m ▾	Bench10m ▾	HG/LG ▾
ore	500	1374,2965	3873144,961	315	310	HG
ore	500	1379,379	4281868,893	315	310	HG
ore	500	1379,379	4281868,893	315	310	HG
ore	500	1379,379	4281868,893	315	310	HG
ore	500	1379,379	4281868,893	315	310	HG
ore	500	1377,6165	3569128,652	315	310	LG
ore	500	1376,4075	3475418,55	315	310	LG
ore	500	1377,6165	3569128,652	315	310	LG
ore	500	1372,516	3822497,323	310	310	HG
ore	500	1372,516	3822497,323	315	310	HG
ore	500	1372,516	3822497,323	310	310	HG
ore	500	1372,516	3822497,323	315	310	HG
ore	500	1371,773	4656031,493	315	310	HG
ore	500	1373,3395	4836200,529	310	310	HG
ore	500	1373,2525	4826180,771	315	310	HG
ore	500	1374,558	4976608,179	310	310	HG
ore	500	1374,558	4976608,179	315	310	HG
ore	500	1373,5135	4856243,737	310	310	HG
ore	500	1372,643	4756075,193	315	310	HG
ore	500	1377,6165	4217144,641	310	310	HG
ore	500	1377,6165	4217144,641	315	310	HG
ore	500	1377,6165	4217144,641	310	310	HG
ore	500	1377,6165	4217144,641	315	310	HG
ore	500	1376,5005	4114936,835	310	310	HG
ore	500	1376,5935	4123448,034	315	310	HG
ore	500	1377,6165	4217144,641	310	310	HG
ore	500	1377,6165	4217144,641	315	310	HG
ore	500	1388,078	3693798,521	315	310	LG
ore	500	1388,078	3693798,521	310	310	LG

En la siguiente tabla dinámica se representa la evolución de las toneladas, volumen y contenido de litio por banco para una ley de 2.300 ppm.

Tabla 14. Tabla dinámica de toneladas, volumen y contenido de Li por banco para 2.300 ppm.

Phase	Bench	Ore			Waste			Total Suma de Volumen	Total Suma de Tonnes	Total Suma de Li cont.
		Volumen	Tonnes	Li	Volumen	Tonnes	Li			
1	540	-	-	-	27.000	38.265	-	27.000	38.265	-
1	530	-	-	-	128.000	286.145	552.259	128.000	286.145	552.259
1	520	21.000	53.489	167.030.507	219.000	525.853	187.224.884	240.000	579.342	354.255.391
1	510	132.500	350.683	1.175.384.513	238.500	590.427	381.093.414	371.000	941.110	1.556.477.928
1	500	207.000	560.195	1.903.529.052	254.000	642.829	548.930.841	461.000	1.203.024	2.452.459.893
1	490	243.000	666.160	2.225.567.498	297.500	751.574	909.914.539	540.500	1.417.734	3.135.482.037
1	480	258.500	711.133	2.303.577.378	361.000	922.905	1.327.525.886	619.500	1.634.038	3.631.103.264
1	470	283.000	778.407	2.520.134.163	346.500	914.292	1.399.862.813	629.500	1.692.698	3.919.996.976
1	460	268.000	744.194	2.538.953.221	258.500	706.543	1.101.874.078	526.500	1.450.737	3.640.827.299
1	450	261.000	728.815	2.508.921.252	162.500	446.855	746.216.391	423.500	1.175.670	3.255.137.642
1	440	279.500	783.564	2.744.357.528	55.000	151.121	278.217.828	334.500	934.685	3.022.575.356
1	430	219.500	618.832	2.296.234.861	29.500	81.464	150.864.360	249.000	700.296	2.447.099.221
1	420	169.500	478.841	1.732.129.631	9.500	26.341	50.045.677	179.000	505.182	1.782.175.307
1	410	102.000	288.267	1.107.754.436	1.000	2.727	5.888.726	103.000	290.994	1.113.643.161
1	400	46.500	131.160	494.493.765	-	-	-	46.500	131.160	494.493.765
1	390	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	330	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	530	-	-	-	8.000	12.354	-	8.000	12.354	-
2	520	-	-	-	46.000	91.974	-	46.000	91.974	-
2	510	-	-	-	115.500	261.844	-	115.500	261.844	-
2	500	-	-	-	196.500	464.877	-	196.500	464.877	-
2	490	-	-	-	298.500	737.679	-	298.500	737.679	-
2	480	-	-	-	401.500	1.023.767	7.945.141	401.500	1.023.767	7.945.141
2	470	11.500	28.997	88.551.426	481.000	1.249.483	94.965.836	492.500	1.278.480	183.517.262
2	460	61.000	161.724	532.556.233	513.500	1.341.767	190.456.244	574.500	1.503.491	723.012.477
2	450	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	440	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	430	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	420	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	410	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	400	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	390	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	330	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	530	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	520	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	510	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	490	-	-	-	4.000	6.610	831.815	4.000	6.610	831.815
3	480	8.000	20.418	52.773.859	31.500	59.561	57.257.098	39.500	79.979	110.030.957
3	470	76.000	201.285	568.461.515	90.000	170.440	206.748.603	166.000	371.725	775.210.118
3	460	202.000	539.932	1.595.332.849	165.500	361.832	587.280.793	367.500	901.765	2.182.613.642
3	450	283.000	761.002	2.247.127.785	185.000	459.906	746.422.520	468.000	1.220.908	2.993.550.305
3	440	269.000	726.823	2.171.692.320	154.000	409.111	703.067.510	423.000	1.135.934	2.874.759.831
3	430	256.000	692.350	2.104.879.788	112.000	297.790	532.201.033	368.000	990.139	2.637.080.821
3	420	200.000	541.851	1.623.703.297	74.000	197.154	330.322.868	274.000	739.006	1.954.026.164
3	410	139.000	379.429	1.113.303.349	75.000	200.559	362.762.830	214.000	579.988	1.476.066.179
3	400	81.000	223.239	743.953.906	58.000	157.007	309.643.993	139.000	380.245	1.053.597.898
3	390	72.000	198.837	703.091.924	38.000	102.587	188.938.280	110.000	301.425	892.030.204
3	380	35.000	95.945	327.702.125	22.500	60.702	117.111.628	57.500	156.647	444.813.753
3	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	330	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	530	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	520	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	510	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	490	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	480	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	470	-	-	-	1.500	1.604	2.924.787	1.500	1.604	2.924.787
4	460	10.000	26.858	66.024.954	26.500	52.952	91.288.720	36.500	79.810	157.313.675
4	450	211.000	568.647	1.724.836.160	590.000	1.516.614	678.639.182	801.000	2.085.261	2.403.475.342
4	440	319.500	872.987	2.590.668.888	569.000	1.540.156	1.032.800.253	888.500	2.413.143	3.623.469.141
4	430	418.500	1.144.388	3.351.063.628	442.500	1.212.956	883.586.878	861.000	2.357.344	4.234.650.506
4	420	532.500	1.457.592	4.241.388.361	342.000	937.490	862.772.143	874.500	2.395.081	5.104.160.504
4	410	612.500	1.675.461	4.890.979.252	246.000	676.851	783.141.949	858.500	2.352.311	5.674.121.201
4	400	651.000	1.783.349	5.256.932.458	195.500	534.109	785.184.019	846.500	2.317.459	6.042.116.476
4	390	606.500	1.662.351	5.055.439.400	182.500	498.410	856.360.701	789.000	2.160.760	5.911.800.101
4	380	567.500	1.558.168	5.007.225.750	145.000	394.330	751.170.631	712.500	1.952.498	5.758.396.381
4	370	487.000	1.337.919	4.293.772.221	111.500	304.486	573.120.438	598.500	1.642.405	4.866.892.659
4	360	418.500	1.150.341	3.718.331.304	76.000	208.051	413.894.583	494.500	1.358.393	4.132.225.887
4	350	356.500	981.124	3.240.439.698	39.500	108.902	219.482.438	396.000	1.090.026	3.459.922.136
4	340	292.000	804.100	2.655.843.539	17.500	48.297	95.342.479	309.500	852.397	2.751.186.018
4	330	224.500	620.115	2.094.238.150	5.500	15.216	33.987.181	230.000	635.330	2.128.225.331
4	320	154.000	426.657	1.420.889.934	500	1.393	3.097.828	154.500	428.051	1.423.987.762
4	310	94.500	261.191	895.281.866	500	1.379	2.738.203	95.000	262.570	898.020.069
4	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total		10.140.500	27.796.820	88.094.553.744	8.449.000	21.807.540	19.593.700.300	18.589.500	49.604.360	107.688.254.044

Tabla 15. Ejemplo de bloques para una ley de corte de 2.900 ppm.

Ore/Waste ▾	volume ▾	tonnes ▾	li cont ▾	Bench5m ▾	Bench10m ▾	HG/LG ▾
waste	500	1374,2965	3873144,961	315	310	Waste
ore	500	1379,379	4281868,893	315	310	HG
ore	500	1379,379	4281868,893	315	310	HG
ore	500	1379,379	4281868,893	315	310	HG
ore	500	1379,379	4281868,893	315	310	HG
waste	500	1377,6165	3569128,652	315	310	Waste
waste	500	1376,4075	3475418,55	315	310	Waste
waste	500	1377,6165	3569128,652	315	310	Waste
waste	500	1372,516	3822497,323	310	310	Waste
waste	500	1372,516	3822497,323	315	310	Waste
waste	500	1372,516	3822497,323	310	310	Waste
waste	500	1372,516	3822497,323	315	310	Waste
ore	500	1371,773	4656031,493	315	310	HG
ore	500	1373,3395	4836200,529	310	310	HG
ore	500	1373,2525	4826180,771	315	310	HG
ore	500	1374,558	4976608,179	310	310	HG
ore	500	1374,558	4976608,179	315	310	HG
ore	500	1373,5135	4856243,737	310	310	HG
ore	500	1372,643	4756075,193	315	310	HG
ore	500	1377,6165	4217144,641	310	310	HG
ore	500	1377,6165	4217144,641	315	310	HG
ore	500	1377,6165	4217144,641	310	310	HG
ore	500	1377,6165	4217144,641	315	310	HG
ore	500	1376,5005	4114936,835	310	310	LG
ore	500	1376,5935	4123448,034	315	310	LG
ore	500	1377,6165	4217144,641	310	310	HG
ore	500	1377,6165	4217144,641	315	310	HG
waste	500	1388,078	3693798,521	315	310	Waste
waste	500	1388,078	3693798,521	310	310	Waste
waste	500	1388,078	3693798,521	315	310	Waste

Tabla 16. Tabla dinámica de toneladas, volumen y contenido de Li por banco para 2.900 ppm.

Phase	Bench10m	Ore			Waste			Total Suma de tonnes	Total Suma de volumen	Total Suma de Li cont.
		Suma de tonnes	Suma de volumen	Suma de Li cont.	Suma de tonnes	Suma de volumen	Suma de Li cont.			
1	540	-	-	-	38.152	26.500	-	38.152	26.500	-
1	530	-	-	-	286.145	128.000	552.259	286.145	128.000	552.259
1	520	25.776	10.000	92.494.109	553.567	230.000	261.761.282	579.342	240.000	354.255.391
1	510	248.146	92.500	912.082.715	692.964	278.500	644.395.213	941.110	371.000	1.556.477.928
1	500	403.116	147.500	1.493.672.747	799.909	313.500	958.787.146	1.203.024	461.000	2.452.459.893
1	490	437.475	159.000	1.622.211.233	980.259	381.500	1.513.270.803	1.417.734	540.500	3.135.482.037
1	480	462.699	167.500	1.657.919.166	1.171.339	452.000	1.973.184.098	1.634.038	619.500	3.631.103.264
1	470	555.036	201.000	1.942.541.764	1.137.662	428.500	1.977.455.212	1.692.698	629.500	3.919.996.976
1	460	544.619	195.000	2.029.584.050	906.118	331.500	1.611.243.250	1.450.737	526.500	3.640.827.299
1	450	538.671	192.500	2.014.992.302	636.999	231.000	1.240.145.340	1.175.670	423.500	3.255.137.642
1	440	549.570	195.000	2.130.740.376	385.115	139.500	891.834.980	934.685	334.500	3.022.575.356
1	430	519.510	183.500	2.030.786.759	180.786	65.500	416.312.462	700.296	249.000	2.447.099.221
1	420	398.332	140.500	1.519.286.224	106.849	38.500	262.889.083	505.182	179.000	1.782.175.307
1	410	262.086	92.500	1.038.837.135	28.908	10.500	74.806.026	290.994	103.000	1.113.643.161
1	400	117.133	41.500	455.344.596	14.027	5.000	39.149.170	131.160	46.500	494.493.765
1	390	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	330	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	530	-	-	-	12.354	8.000	-	12.354	8.000	-
2	520	-	-	-	91.974	46.000	-	91.974	46.000	-
2	510	-	-	-	261.844	115.500	-	261.844	115.500	-
2	500	-	-	-	464.877	196.500	-	464.877	196.500	-
2	490	-	-	-	737.679	298.500	-	737.679	298.500	-
2	480	-	-	-	1.023.767	401.500	7.945.141	1.023.767	401.500	7.945.141
2	470	14.026	5.500	49.744.148	1.264.453	487.000	133.773.114	1.278.480	492.500	183.517.262
2	460	96.494	36.000	364.438.848	1.406.997	538.500	358.573.629	1.503.491	574.500	723.012.477
2	450	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	440	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	430	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	420	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	410	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	400	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	390	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	330	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	530	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	520	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	510	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	490	-	-	-	6.610	4.000	831.815	6.610	4.000	831.815
3	480	1.344	500	4.254.110	78.635	39.000	105.776.847	79.979	39.500	110.030.957
3	470	77.398	28.500	248.559.852	294.327	137.500	526.650.266	371.725	166.000	775.210.118
3	460	276.859	103.000	890.364.092	624.906	264.500	1.292.249.550	901.765	367.500	2.182.613.642
3	450	445.556	165.000	1.421.374.132	775.351	303.000	1.572.176.173	1.220.908	468.000	2.993.550.305
3	440	420.735	155.500	1.360.856.129	715.199	267.500	1.513.903.702	1.135.934	423.000	2.874.759.831
3	430	417.111	153.500	1.393.360.909	573.029	214.500	1.243.719.912	990.139	368.000	2.637.080.821
3	420	287.755	105.500	957.845.862	451.251	168.500	996.180.303	739.006	274.000	1.954.026.164
3	410	175.266	63.500	580.269.182	404.722	150.500	895.796.997	579.988	214.000	1.476.066.179
3	400	149.833	54.000	548.339.379	230.412	85.000	505.258.519	380.245	139.000	1.053.597.898
3	390	141.883	51.000	547.952.084	159.542	59.000	344.078.120	301.425	110.000	892.030.204
3	380	56.481	20.500	224.743.630	100.166	37.000	220.070.123	156.647	57.500	444.813.753
3	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	330	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	530	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	520	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	510	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	490	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	480	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	470	-	-	-	1.604	1.500	2.924.787	1.604	1.500	2.924.787
4	460	-	-	-	79.810	36.500	157.313.675	79.810	36.500	157.313.675
4	450	280.801	103.500	1.008.422.163	1.804.459	697.500	1.395.053.178	2.085.261	801.000	2.403.475.342
4	440	396.207	145.000	1.390.967.857	2.016.936	743.500	2.232.501.284	2.413.143	888.500	3.623.469.141
4	430	417.829	152.500	1.466.991.756	1.939.515	708.500	2.767.658.750	2.357.344	861.000	4.234.650.506
4	420	565.478	206.500	1.904.055.087	1.829.603	668.000	3.200.105.417	2.395.081	874.500	5.104.160.504
4	410	851.320	310.500	2.723.382.804	1.500.992	548.000	2.950.738.397	2.352.311	858.500	5.674.121.201
4	400	957.128	349.000	3.078.311.341	1.360.331	497.500	2.963.805.135	2.317.459	846.500	6.042.116.476
4	390	1.043.660	380.000	3.427.110.923	1.117.101	409.000	2.484.689.178	2.160.760	789.000	5.911.800.101
4	380	1.143.212	416.000	3.898.304.584	809.286	296.500	1.860.091.797	1.952.498	712.500	5.758.396.381
4	370	939.313	341.500	3.251.557.115	703.092	257.000	1.615.335.544	1.642.405	598.500	4.866.892.659
4	360	812.866	295.500	2.847.732.389	545.527	199.000	1.284.493.498	1.358.393	494.500	4.132.225.887
4	350	735.400	267.000	2.603.961.566	354.626	129.000	855.960.570	1.090.026	396.000	3.459.922.136
4	340	551.776	200.500	1.997.127.615	300.622	109.000	754.058.403	852.397	309.500	2.751.186.018
4	330	451.202	163.500	1.642.157.469	184.128	66.500	486.067.863	635.330	230.000	2.128.225.331
4	320	271.400	98.000	1.009.983.750	156.651	56.500	414.004.012	428.051	154.500	1.423.987.762
4	310	218.415	79.000	779.510.362	44.155	16.000	118.509.707	262.570	95.000	898.020.069
4	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total		17.258.918	6.268.000	60.562.172.314	32.345.329	12.321.000	47.126.081.730	49.604.247	18.589.000	107.688.254.044

12. PLAN GENERAL DE PRODUCCIÓN

12.1. Escenario de producción para una ley de corte de 2.300 ppm

Este escenario de producción se realiza por medio de la función “SI” definiendo si la ley de Li del bloque es mayor o igual que 2.300 ppm, se considera mineral o estéril.

Las densidades presentes en los bloques varían entre 0,003 a 2,91 t/m³. Para estimar las toneladas de Li presentes en cada bloque ($V = 500 \text{ m}^3$), se multiplica la densidad específica de cada bloque por su volumen, obteniendo así el tonelaje total. El resultado se ajusta luego según la ley de Li correspondiente, lo que permite calcular las toneladas de este elemento obtenidas en cada bloque. Esto da lugar a la columna de clasificación de leyes altas (High Grade, GH) o baja ley (Low Grade, LG), según la condición “SI”.

Posteriormente se genera una tabla dinámica (Tabla 14) que considera las toneladas, volúmenes y contenido de Li total por banco. Es decir, la base de datos se sintetiza para que los aspectos relevantes descritos con anterioridad estén en función del mineral, estéril y leyes altas y bajas. Esta tabla servirá de referencia para elaborar la planificación de las 4 fases del proyecto.

12.1.1. Fases para ley de 2.300 ppm

El resultado generado por la tabla dinámica permite destacar la cantidad de mineral, estéril y Li_2CO_3 que se produce en cada periodo de la vida de mina. Concretamente se pueden considerar diversas unidades de medidas como BCM, t y g para el producto del Li_2CO_3 .

Cada uno de los periodos considera el cálculo de una matriz que genera sumas por medio de un condicionante entre el banco minado en cada periodo y la suma del material que se extrae en el banco, indicado en la tabla 14.

Como se puede visualizar de la tabla 17, no se perciben trabajos de minado con retraso, es decir, explotaciones de bancos con cotas diferentes en dos años consecutivos y en periodos diferentes, lo que implicaría un mayor costo de explotación y retraso en el frente de trabajo.

Para conocer la producción de mineral obtenido por el trabajo realizado, se debe multiplicar por un factor de conversión (5,32) que transforma los gramos de Li en Li_2CO_3 . El Li_2CO_3 resultante debe ser multiplicado por el factor de recuperación (56%).

Tabla 17. Fases del proyecto con ley de 2.300 ppm.

		Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Total
Ore (bcm)	1	120.375	547.750	530.475	735.335	557.065	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.491.000
	2	-	-	-	-	-	48.100	24.400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72.500
	3	-	-	-	-	-	-	569.000	808.400	243.600	-	-	-	-	-	-	-	1.621.000
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	221.000	465.975	644.775	804.800	891.375	925.425	973.840	1.028.810	5.956.000
	Total	120.375	547.750	530.475	735.335	557.065	48.100	593.400	808.400	464.600	465.975	644.775	804.800	891.375	925.425	973.840	1.028.810	10.140.500
Ore (t)	1	316.502	1.491.809	1.460.595	2.052.885	1.571.949	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.893.740
	2	-	-	-	-	-	126.031	64.689	-	-	-	-	-	-	-	-	-	190.721
	3	-	-	-	-	-	-	1.522.637	2.188.682	669.792	-	-	-	-	-	-	-	4.381.112
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	595.504	1.273.523	1.764.166	2.201.906	2.442.240	2.539.356	2.676.457	2.838.096	16.331.247
	Total	316.502	1.491.809	1.460.595	2.052.885	1.571.949	126.031	1.587.327	2.188.682	1.265.297	1.273.523	1.764.166	2.201.906	2.442.240	2.539.356	2.676.457	2.838.096	27.796.820
Ore (g Li)	1	1.048.568.892	4.998.837.024	4.755.607.841	7.092.336.330	5.822.717.719	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.718.067.806
	2	-	-	-	-	-	408.085.166	213.022.493	-	-	-	-	-	-	-	-	-	621.107.660
	3	-	-	-	-	-	-	4.463.696.008	6.568.257.414	2.220.069.294	-	-	-	-	-	-	-	13.252.022.716
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	1.790.861.115	3.763.541.158	5.147.163.210	6.426.242.383	7.269.033.565	8.002.406.031	8.639.929.235	9.464.178.865	50.503.355.562
	Total	1.048.568.892	4.998.837.024	4.755.607.841	7.092.336.330	5.822.717.719	408.085.166	4.676.718.501	6.568.257.414	4.010.930.409	3.763.541.158	5.147.163.210	6.426.242.383	7.269.033.565	8.002.406.031	8.639.929.235	9.464.178.865	88.094.553.744
Ore (ppm Li)	1	3.313	3.351	3.256	3.455	3.704	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.079
	2	-	-	-	-	-	3.238	3.293	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.531
	3	-	-	-	-	-	-	2.932	3.001	3.315	-	-	-	-	-	-	-	9.247
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	3.007	2.955	2.918	2.918	2.918	2.976	3.151	3.228	24.489
	Total	3.313	3.351	3.256	3.455	3.704	3.238	2.946	3.001	3.170	2.955	2.918	2.918	2.918	2.976	3.151	3.228	57.346
Waste (bcm)	1	552.875	701.375	668.950	420.450	43.850	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.387.500
	2	-	-	-	-	664.500	1.190.600	205.400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.060.500
	3	-	-	-	-	-	-	476.000	385.000	148.500	-	-	-	-	-	-	-	1.009.500
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	618.000	723.875	527.025	358.375	267.850	250.950	192.195	53.230	2.991.500
	Total	552.875	701.375	668.950	420.450	708.350	1.190.600	681.400	385.000	766.500	723.875	527.025	358.375	267.850	250.950	192.195	53.230	8.449.000
Waste (t)	1	1.293.084	1.772.736	1.747.779	1.152.632	121.110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.087.340
	2	-	-	-	-	1.568.728	3.078.310	536.707	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.183.745
	3	-	-	-	-	-	-	1.058.349	1.024.390	400.520	-	-	-	-	-	-	-	2.483.259
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	1.571.170	1.964.690	1.444.664	984.803	731.688	683.680	525.627	146.872	8.053.195
	Total	1.293.084	1.772.736	1.747.779	1.152.632	1.689.838	3.078.310	1.595.056	1.024.390	1.971.690	1.964.690	1.444.664	984.803	731.688	683.680	525.627	146.872	21.807.540
Ore (g LIC)	1	5.578.386.507	26.593.812.966	25.299.833.715	37.731.229.274	30.976.858.267	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	126.180.120.728
	2	-	-	-	-	-	2.171.013.085	1.133.279.664	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.304.292.749
	3	-	-	-	-	-	-	23.746.862.760	34.943.129.442	11.810.768.646	-	-	-	-	-	-	-	70.500.760.849
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	9.527.381.130	20.022.038.961	27.382.908.280	34.187.609.477	38.671.258.564	42.572.800.085	45.964.423.529	50.349.431.563	268.677.851.590
	Total	5.578.386.507	26.593.812.966	25.299.833.715	37.731.229.274	30.976.858.267	2.171.013.085	24.880.142.425	34.943.129.442	21.338.149.776	20.022.038.961	27.382.908.280	34.187.609.477	38.671.258.564	42.572.800.085	45.964.423.529	50.349.431.563	468.663.025.916
Product (g LIC)	1	3.129.474.830	14.919.129.074	14.193.206.714	21.167.219.623	17.378.017.488	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70.787.047.729
	2	-	-	-	-	-	1.217.938.341	635.769.892	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.853.708.232
	3	-	-	-	-	-	-	13.321.990.009	19.603.095.617	6.625.841.210	-	-	-	-	-	-	-	39.550.926.836
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	5.344.860.814	11.232.363.857	15.361.811.545	19.179.248.917	21.694.576.054	23.883.340.848	25.786.041.600	28.246.031.107	150.728.274.742
	Total	3.129.474.830	14.919.129.074	14.193.206.714	21.167.219.623	17.378.017.488	1.217.938.341	13.957.759.900	19.603.095.617	11.970.702.025	11.232.363.857	15.361.811.545	19.179.248.917	21.694.576.054	23.883.340.848	25.786.041.600	28.246.031.107	262.919.957.539

12.1.2. Estructura de Minado

El trabajo de minado será realizado en 4 fases, y en cada periodo está previsto la extracción de 10.400 t de Li_2CO_3 , según el factor de corrección de 1.100.000 t de mineral y 830.000 t de estéril. Es necesario destacar que, en los primeros años de explotación, la extracción de estéril sobrepasa a la del mineral, lo que se traduce en una menor producción.

El minado en la estructura del cálculo se considera como 1 (banco explotado en su totalidad). Este valor puede disminuir hasta aproximarse a 0, debido a que se debe ajustar la forma de explotación según la meta final del periodo.

Ante situaciones de bancos no minados totalmente en periodos diferentes, es necesario restar 1 al valor considerado en el año anterior, para poder minar finalmente el banco en el periodo siguiente, y con ello evitar, en teoría, explotar dos veces el mismo sector del banco.

12.1.2.1 Fase 1

La fase de minado comienza en el periodo 1 a cota 540, seguida de la fase 1 con cerca de 316.502 t de mineral y 1.293.084 t de estéril, que produce 5.578 t de Li_2CO_3 .

Esta fase termina en la cota 400, cumpliendo casi en su conjunto con lo dispuesto en las metas de producción, ya que, si no se alcanza el promedio de extracción, tanto en estéril como mineral, se resuelve de manera favorable en las toneladas de Li_2CO_3 .

En el año 5 se genera un déficit (Tabla 18) en cuanto a producción del periodo anterior, por ello la fase 2 se debe iniciar en dicho año y así suplir lo anteriormente mencionado.

Tabla 18. Fase 1 minado para 2.300 ppm.

		Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5
Ore		316.502	1.491.809	1.460.595	2.052.885	1.571.949
Waste		1.293.084	1.772.736	1.747.779	1.152.632	121.110
Total		1.609.585	3.264.545	3.208.374	3.205.517	1.693.059
LIC (t)		5.578	26.594	25.300	37.731	30.977

Phase	Bench					
1	540	1				
1	530	1				
1	520	1				
1	510	0,75	0,25			
1	500		1			
1	490		1			
1	480		0,25	0,75		
1	470			1		
1	460			0,2	0,8	
1	450				1	
1	440				0,93	0,07
1	430					1
1	420					1
1	410					1
1	400					1

12.1.2.2. Fase 2

Esta fase comienza en el año 5, desde el banco 530, debido que es allí donde comienza a concentrarse el mineral y termina en la cota 490, ya que se logra cumplir con la meta de extracción anual (Tabla 19).

Sin embargo, la extracción de mineral en los años siguientes es nula, debido posiblemente a que se está trabajando en la zona externa a la pared del yacimiento. Por este motivo, será necesario comenzar la fase 3 en conjunto con la fase 2 en el año 7, para no tener un nuevo déficit en la producción.

Tabla 19. Fase 2 de minado para 2.300 ppm.

		Period 5	Period 6	Period 7
Ore		1.571.949	126.031	64.689
Waste		1.689.838	3.078.310	536.707
Total		3.261.787	3.204.342	601.396
LIC (t)		30.977	2.171	1.133

1	300			
2	540	1		
2	530	1		
2	520	1		
2	510	1		
2	500	1		
2	490	1		
2	480		1	
2	470		1	
2	460		0,6	0,4

12.2.1.3. Fase 3

En este caso, la fase tiene lugar durante el año 7 y comienza en el banco 490, terminando en la cota 450, con una producción superior a 10.400 t (Tabla 20).

Tabla 20. Fase 3 minado para 2.300 ppm.

		Period 7	Period 8	Period 9
Ore		1.587.327	2.188.682	669.792
Waste		1.595.056	1.024.390	400.520
Total		3.182.383	3.213.072	1.070.312
LIC (t)		24.880	34.943	11.811

3	540	1		
3	530	1		
3	520	1		
3	510	1		
3	500	1		
3	490	1		
3	480	1		
3	470	1		
3	460	1		
3	450	1		
3	440		1	
3	430		1	
3	420		1	
3	410		0,6	0,4
3	400			1
3	390			1
3	380			1

Esta fase finaliza el año 9, puesto que en la fase siguiente y última se reducirá la brecha de estéril a extraer, reflejando una reducción de estéril en los años siguientes. Esto se debe a

que en la zona más profunda del yacimiento el mineral se presenta más homogéneamente, disminuyendo considerablemente el estéril a extraer.

12.1.2.4. Fase 4

Esta última fase debe abordar el año 9 para cumplir con las expectativas, desde el banco 470 y finalizar en la cota 450 con el 100% del banco minado, para extenderse hasta el periodo 16, que concluye en la cota 310 (Tabla 21). Como ha sido mencionado, los últimos años de minado estiman una disminución progresiva del estéril que repercute en un aumento de la producción de Li_2CO_3 (Figura 31).

Tabla 21. Fase 4 de minado de 2.300 ppm.

		Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16
Ore		1.265.297	1.273.523	1.764.166	2.201.906	2.442.240	2.539.356	2.676.457	2.838.096
Waste		1.971.690	1.964.690	1.444.664	984.803	731.688	683.680	525.627	146.872
Total		3.236.987	3.238.213	3.208.830	3.186.709	3.173.928	3.223.037	3.202.084	2.984.968
LIC (t)		21.338	20.022	27.383	34.188	38.671	42.573	45.964	50.349
4	540	1							
4	530	1							
4	520	1							
4	510	1							
4	500	1							
4	490	1							
4	480	1							
4	470	1							
4	460	1							
4	450	1							
4	440		1						
4	430		0,35	0,65					
4	420			0,7	0,3				
4	410				1				
4	400				0,05	0,95			
4	390					0,45	0,55		
4	380						1		
4	370						0,05	0,95	
4	360							1	
4	350							0,26	0,74
4	340								1
4	330								1
4	320								1
4	310								1

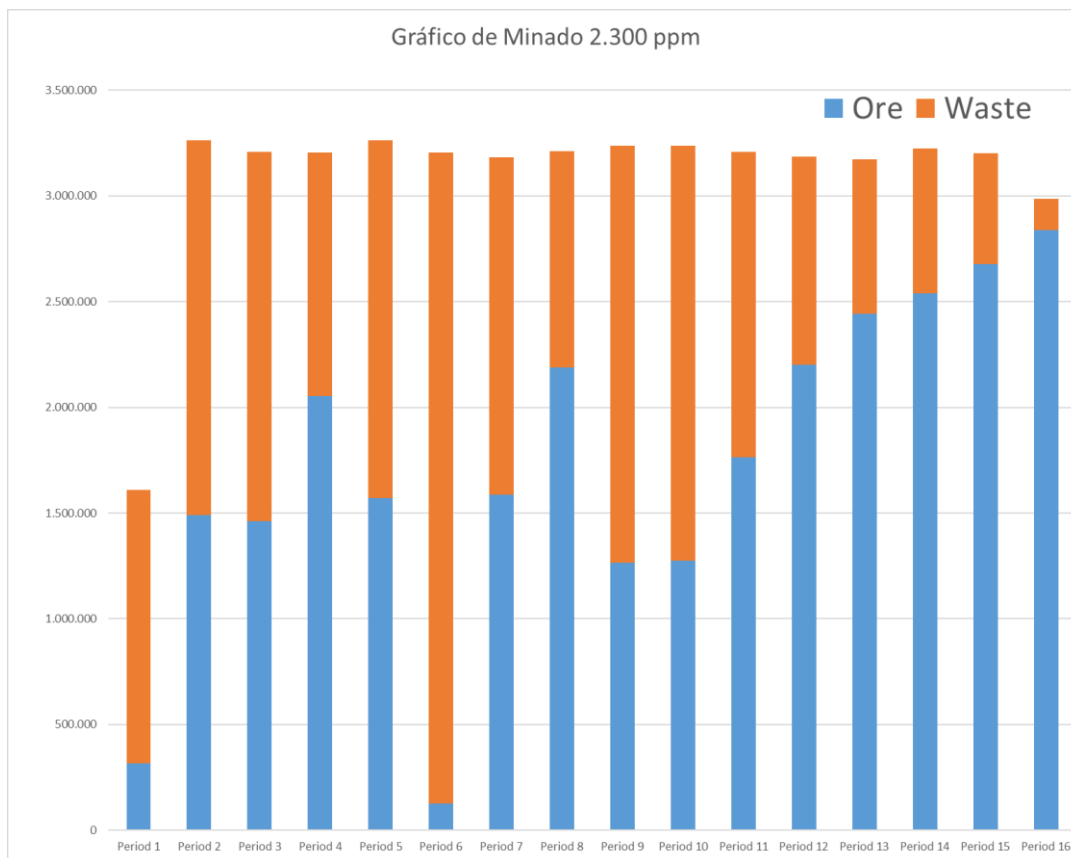


Figura 31. Evolución de minado de estéril v/s mineral de 2.300ppm

12.1.3. Acopio de mineral para una ley de 2.300 ppm

El acopio consiste en un almacenamiento provisional de mineral procedente de forma continua del frente de trabajo que no puede ser tratado por la planta, junto a material que en periodos anteriores no logró ser tratado.

El material explotado de la mina (run to mine) en el primer periodo se aprecia en la tabla 22. El mineral minado el primer año (316.502 t) no se considera un acopio, debido a que todo el material es procesado por la planta (1.250.000 t/año). Esto no sucede al año siguiente, puesto que el material extraído (1.491.809 t) genera un excedente (241.809 t) que no puede ser procesado, dando lugar al primer acopio del proyecto (to stock pile). De esta manera, el acopio (accumulated stock pile) genera una reserva en caso de no disponer de suficiente material para alimentar a la planta.

Tabla 22. Stock de mineral en el acopio para el periodo 2.

	Period 1	Period 2
Run of Mine (t)	316.502	1.491.809
Ore to Plant (t)	316.502	1.250.000
To Stock Pile (t)	-	241.809
Stock Pile (t)	-	-
Accumulated stock pile (t)	-	241.809

Las 1.460.595 t de material que se generan en el año 3, se resuelve en un stock disponible de 452.405 t de material (Tabla 23), que al pasar al siguiente año continúa acumulándose, debido al cumplimiento de metas de extracción.

Tabla 23. Stock de mineral en el acopio para el periodo 4.

	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4
Run of Mine (t)	316.502	1.491.809	1.460.595	2.052.885
Ore to Plant (t)	316.502	1.250.000	1.250.000	1.250.000
To Stock Pile (t)	-	241.809	210.595	802.885
Stock Pile (t)	-	-	-	-
Accumulated stock pile (t)	-	241.809	452.405	1.255.290

La cantidad de mineral en el acopio seguirá aumentando hasta el último año de vida de mina (tabla 24), momento en el que se dispondrá de 7.480.318 t, de forma que la planta de tratamiento podrá continuar en servicio hasta el periodo 24 (Tabla 25) en el que finaliza su actividad. El total de mineral acumulado en los 24 años de producción estará en torno a 67.675.619 t, con un stock en el acopio de 9.854.287 t (Tabla 25).

Tabla 24. Stock acumulado hasta el último año de vida mina.

	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16
Run of Mine (t)	316.502	1.491.809	1.460.595	2.052.885	1.571.949	126.031	1.587.327	2.188.682	1.265.297	1.273.523	1.764.166	2.201.906	2.442.240	2.539.356	2.676.457	2.838.096
Ore to Plant (t)	316.502	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000
To Stock Pile (t)	-	241.809	210.595	802.885	321.949	-	337.327	938.682	15.297	23.523	514.166	951.906	1.192.240	1.289.356	1.426.457	1.588.096
Stock Pile (t)	-	-	-	-	-	1.123.969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Accumulated stock pile (t)	-	241.809	452.405	1.255.290	1.577.239	453.270	790.597	1.729.279	1.744.575	1.768.098	2.282.264	3.234.170	4.426.409	5.715.766	7.142.223	8.730.318

Tabla 25. Periodo final de procesamiento de planta.

	Period 17	Period 18	Period 19	Period 20	Period 21	Period 22	Period 23	Period 24	Total
Run of Mine (t)	-	-	-	-	-	-	-	-	27.796.820
Ore to Plant (t)	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.230.318	29.046.820
To Stock Pile (t)	-	-	-	-	-	-	-	-	9.854.287
Stock Pile (t)	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.230.318	-	9.854.287
Accumulated stock pile (t)	7.480.318	6.230.318	4.980.318	3.730.318	2.480.318	1.230.318	-	-	67.675.619

12.1.4. Evaluación de ley de mineral para 2.300 ppm

Este apartado aborda la clasificación de la ley del mineral (High grade, Low grade) en las diversas etapas del proyecto. Mediante una matriz que engloba el banco minado y el volumen de material que se extrae, el cual determina la evolución del material a lo largo del proyecto minero.

12.1.4.1. Clasificación de mineral (2.300 ppm)

La clasificación del mineral en función de una ley de corte de 2.300 ppm permite separar el material con potencial económico del que se considera estéril. Esta segmentación es clave para la gestión técnica y económica del yacimiento, ya que influye directamente en las decisiones de la planificación del proyecto, donde la tabla 26 presenta la clasificación general del mineral considerando una ley de corte de 2.300 ppm. Por su parte, la tabla 27 detalla la distribución del mineral de alta ley (mayor a 2.750 ppm) y la tabla 28 corresponde al mineral baja ley (<2.750 -2.300 ppm).

Tabla 26. Volúmenes, toneladas, contenido de mineral y Li₂CO₃ con ley de 2.300 ppm.

Volume	Bench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Total
	540	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	530	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	520	21.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21.000
	510	99.375	33.125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132.500
	500	0	207.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	207.000
	490	0	243.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	243.000
	480	0	64.625	193.875	0	0	0	8.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	266.500
	470	0	0	283.000	0	0	11.500	76.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	370.500
	460	0	0	53.600	214.400	0	36.600	226.400	0	10.000	0	0	0	0	0	0	0	541.000
	450	0	0	0	261.000	0	0	283.000	0	211.000	0	0	0	0	0	0	0	755.000
	440	0	0	0	259.935	19.565	0	0	269.000	0	319.500	0	0	0	0	0	0	868.000
	430	0	0	0	0	219.500	0	0	256.000	0	146.475	272.025	0	0	0	0	0	894.000
	420	0	0	0	0	169.500	0	0	200.000	0	0	372.750	159.750	0	0	0	0	902.000
	410	0	0	0	0	102.000	0	0	83.400	55.600	0	0	612.500	0	0	0	0	853.500
	400	0	0	0	0	46.500	0	0	0	81.000	0	0	32.550	618.450	0	0	0	778.500
	390	0	0	0	0	0	0	0	0	72.000	0	0	0	272.925	333.575	0	0	678.500
	380	0	0	0	0	0	0	0	0	35.000	0	0	0	0	567.500	0	0	602.500
	370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.350	462.650	0	487.000
	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	418.500	0	418.500
	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92.690	263.810	356.500
	340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	292.000	292.000
	330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	224.500	224.500
	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	154.000	154.000
	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94.500	94.500
	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	120.375	547.750	530.475	735.335	557.065	48.100	593.400	808.400	464.600	465.975	644.775	804.800	891.375	925.425	973.840	1.028.810	10.140.500

Tonnes	Bench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Total
	540	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	530	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	520	53.489	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53.489
	510	263.012	87.671	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	350.683
	500	0	560.195	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	560.195
	490	0	666.160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	666.160
	480	0	177.783	533.350	0	0	0	20.418	0	0	0	0	0	0	0	0	0	731.551
	470	0	0	778.407	0	0	28.997	201.285	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.008.688
	460	0	0	148.839	595.355	0	97.034	604.622	0	26.858	0	0	0	0	0	0	0	1.472.708
	450	0	0	0	728.815	0	0	761.002	0	568.647	0	0	0	0	0	0	0	2.058.464
	440	0	0	0	728.715	54.849	0	0	726.823	0	872.987	0	0	0	0	0	0	2.383.375
	430	0	0	0	0	618.832	0	0	692.350	0	400.536	743.852	0	0	0	0	0	2.455.570
	420	0	0	0	0	478.841	0	0	541.851	0	0	1.020.314	437.277	0	0	0	0	2.478.284
	410	0	0	0	0	288.267	0	0	227.657	151.772	0	0	1.675.461	0	0	0	0	2.343.156
	400	0	0	0	0	131.160	0	0	0	223.239	0	0	89.167	1.694.182	0	0	0	2.137.748
	390	0	0	0	0	0	0	0	0	198.837	0	0	0	748.058	914.293	0	0	1.861.188
	380	0	0	0	0	0	0	0	0	95.945	0	0	0	0	1.558.168	0	0	1.654.112
	370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66.896	1.271.023	0	1.337.919
	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.150.341	0	1.150.341
	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	255.092	726.032	981.124
	340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	804.100	804.100
	330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	620.115	620.115
	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	426.657	426.657
	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	261.191	261.191
	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	316.502	1.491.809	1.460.595	2.052.885	1.571.949	126.031	1.587.327	2.188.682	1.265.297	1.273.523	1.764.166	2.201.906	2.442.240	2.539.356	2.676.457	2.838.096	27.796.820

Li	Bench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Total
	540	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	530	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	520	167.030.507	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	167.030.507
	510	881.538.385	293.846.128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.175.384.513
	500	0	1.903.529.052	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.903.529.052
	490	0	2.225.567.498	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.225.567.498
	480	0	575.894.344	1.727.683.033	0	0	0	52.773.859	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.356.351.237
	470	0	0	2.520.134.163	0	0	88.551.426	568.461.515	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.177.147.104
	460	0	0	507.790.644	2.031.162.577	0	319.533.740	1.808.355.342	0	66.024.954	0	0	0	0	0	0	0	4.732.867.258
	450	0	0	0	2.508.921.252	0	0	2.247.127.785	0	1.724.836.160	0	0	0	0	0	0	0	6.480.885.197
	440	0	0	0	2.552.252.501	192.105.027	0	0	2.171.692.320	0	2.590.668.888	0	0	0	0	0	0	7.506.718.737
	430	0	0	0	0	2.296.234.861	0	0	2.104.879.788	0	1.172.872.270	2.178.191.358	0	0	0	0	0	7.752.178.276
	420	0	0	0	0	1.732.129.631	0	0	1.623.703.297	0	0	2.968.971.853	1.272.416.508	0	0	0	0	7.597.221.288
	410	0	0	0	0	1.107.754.436	0	0	667.982.010	445.321.340	0	0	4.890.979.252	0	0	0	0	7.112.037.037
	400	0	0	0	0	494.493.765	0	0	0	743.953.906	0	0	262.846.623	4.994.085.835	0	0	0	6.495.380.128
	390	0	0	0	0	0	0	0	0	703.091.924	0	0	0	2.274.947.730	2.780.491.670	0	0	5.758.531.323
	380	0	0	0	0	0	0	0	0	327.702.125	0	0	0	0	5.007.225.750	0	0	5.334.927.875
	370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	214.688.611	4.079.083.610	0	4.293.772.221
	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.718.331.304	0	3.718.331.304
	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	842.514.321	2.397.925.376	3.240.439.698
	340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.655.843.539	2.655.843.539
	330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.094.238.150	2.094.238.150
	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.420.889.934	1.420.889.934
	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	895.281.866	895.281.866
	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	1.048.568.892	4.998.837.024	4.755.607.841	7.092.336.330	5.822.717.719	408.085.166	4.676.718.501	6.568.257.414	4.010.930.409	3.763.541.158	5.147.163.210	6.426.242.383	7.269.033.565	8.002.406.031	8.639.929.235	9.464.178.865	88.094.553.744

LIC (t)	5.578	26.594	25.300	37.731	30.977	2.171
---------	-------	--------	--------	--------	--------	-------

- Clasificación de mineral de alta ley (>2.750 ppm)

Tabla 27. Toneladas, volúmenes, contenido de mineral y Li₂CO₃ de alta ley.

Volume	Bench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Total
	540	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	530	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	520	15.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.000
	510	72.375	24.125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96.500
	500	0	163.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	163.000
	490	0	196.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	196.000
	480	0	47.000	141.000	0	0	0	1.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	189.000
	470	0	0	214.000	0	0	6.000	36.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	256.000
	460	0	0	41.300	165.200	0	24.600	151.900	0	500	0	0	0	0	0	0	0	383.500
	450	0	0	0	208.500	0	0	202.000	0	119.000	0	0	0	0	0	0	0	529.500
	440	0	0	0	197.625	14.875	0	0	203.000	0	154.000	0	0	0	0	0	0	569.500
	430	0	0	0	0	194.000	0	0	173.000	0	78.750	146.250	0	0	0	0	0	592.000
	420	0	0	0	0	148.500	0	0	133.000	0	0	194.950	83.550	0	0	0	0	560.000
	410	0	0	0	0	95.000	0	0	42.600	28.400	0	0	401.000	0	0	0	0	567.000
	400	0	0	0	0	45.000	0	0	0	64.500	0	0	22.425	426.075	0	0	0	558.000
	390	0	0	0	0	0	0	0	0	62.500	0	0	0	198.000	242.000	0	0	502.500
	380	0	0	0	0	0	0	0	0	24.500	0	0	0	0	484.500	0	0	509.000
	370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19.675	373.825	0	393.500
	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	326.000	0	326.000
	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73.710	209.790	283.500
	340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226.000	226.000
	330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	189.500	189.500
	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110.000	110.000
	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86.500	86.500
	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	87.375	430.125	396.300	571.325	497.375	30.600	390.900	551.600	299.400	232.750	341.200	506.975	624.075	746.175	773.535	821.790	7.301.500

Tonnes	Bench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Total
	540	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	530	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	520	38.863	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38.863
	510	192.853	64.284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	257.138
	500	0	444.425	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	444.425
	490	0	539.327	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	539.327
	480	0	129.623	388.868	0	0	0	2.525	0	0	0	0	0	0	0	0	0	521.016
	470	0	0	590.605	0	0	15.401	96.882	0	0	0	0	0	0	0	0	0	702.888
	460	0	0	115.287	461.150	0	65.865	408.787	0	1.310	0	0	0	0	0	0	0	1.052.399
	450	0	0	0	583.368	0	0	544.688	0	322.694	0	0	0	0	0	0	0	1.450.749
	440	0	0	0	555.870	41.840	0	0	549.144	0	421.051	0	0	0	0	0	0	1.567.905
	430	0	0	0	0	548.659	0	0	469.842	0	215.331	399.901	0	0	0	0	0	1.633.734
	420	0	0	0	0	420.359	0	0	362.588	0	0	534.197	228.942	0	0	0	0	1.546.086
	410	0	0	0	0	269.006	0	0	117.291	78.194	0	0	1.099.152	0	0	0	0	1.563.644
	400	0	0	0	0	126.976	0	0	0	178.527	0	0	61.553	1.169.502	0	0	0	1.536.558
	390	0	0	0	0	0	0	0	0	172.942	0	0	0	543.470	664.241	0	0	1.380.654
	380	0	0	0	0	0	0	0	0	67.441	0	0	0	0	1.330.930	0	0	1.398.371
	370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54.099	1.027.890	0	1.081.989
	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	896.811	0	896.811
	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	202.842	577.320	780.163
	340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	621.995	621.995
	330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	523.235	523.235
	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	304.645	304.645
	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	239.020	239.020
	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	231.716	1.177.659	1.094.761	1.600.388	1.406.840	81.266	1.052.882	1.498.866	821.109	636.383	934.098	1.389.646	1.712.972	2.049.271	2.127.543	2.266.214	20.081.614

Li	Bench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Total
	540	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	530	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	520	129.955.753	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129.955.753
	510	703.128.069	234.376.023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	937.504.092
	500	0	1.611.293.731	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.611.293.731
	490	0	1.909.887.979	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.909.887.979
	480	0	454.059.283	1.362.177.849	0	0	0	7.656.896	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.823.894.027
	470	0	0	2.042.616.965	0	0	53.559.114	303.961.553	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.400.137.632
	460	0	0	423.690.715	1.694.762.859	0	241.242.802	1.301.696.580	0	3.687.278	0	0	0	0	0	0	0	3.665.080.234
	450	0	0	0	2.140.665.388	0	0	1.701.022.727	0	1.127.095.721	0	0	0	0	0	0	0	4.968.783.836
	440	0	0	0	2.110.112.795	158.825.694	0	0	1.725.757.960	0	1.461.697.052	0	0	0	0	0	0	5.456.393.501
	430	0	0	0	0	2.113.038.191	0	0	1.542.731.269	0	707.493.816	1.313.917.087	0	0	0	0	0	5.677.180.363
	420	0	0	0	0	1.582.007.846	0	0	1.170.543.521	0	0	1.723.858.793	738.796.625	0	0	0	0	5.215.206.785
	410	0	0	0	0	1.058.361.434	0	0	382.955.476	255.303.651	0	0	3.422.641.554	0	0	0	0	5.119.262.115
	400	0	0	0	0	483.394.801	0	0	0	629.765.403	0	0	192.523.543	3.657.947.312	0	0	0	4.963.631.059
	390	0	0	0	0	0	0	0	0	636.053.678	0	0	0	1.751.835.379	2.141.132.130	0	0	4.529.021.188
	380	0	0	0	0	0	0	0	0	255.916.948	0	0	0	0	4.429.711.833	0	0	4.685.628.781
	370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	182.709.577	3.471.481.964	0	3.654.191.541
	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.084.857.954	0	3.084.857.954
	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	709.963.805	2.020.666.215	2.730.630.021
	340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.195.646.231	2.195.646.231
	330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.845.750.254	1.845.750.254
	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.105.002.788	1.105.002.788
	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	838.324.110	838.324.110
	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	833.083.822	4.209.617.015	3.828.485.529	5.945.541.041	5.395.627.966	294.801.916	3.314.337.756	4.821.988.227	2.907.822.680	2.169.190.868	3.037.775.880	4.353.961.722	5.409.782.691	6.753.553.540	7.266.303.724	8.005.389.598	68.547.263.974

- Clasificación de mineral de baja ley (<2.750 - 2.300 ppm)

Tabla 28. Toneladas, volúmenes, contenido de litio y Li2CO3 de baja ley.

Volume	Bench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Total
	540	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	530	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	520	6.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.000
	510	27.000	9.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36.000
	500	0	44.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44.000
	490	0	47.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47.000
	480	0	17.625	52.875	0	0	0	7.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77.500
	470	0	0	69.000	0	0	5.500	40.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	114.500
	460	0	0	12.300	49.200	0	12.000	74.500	0	9.500	0	0	0	0	0	0	0	157.500
	450	0	0	0	52.500	0	0	81.000	0	92.000	0	0	0	0	0	0	0	225.500
	440	0	0	0	62.310	4.690	0	0	66.000	0	165.500	0	0	0	0	0	0	298.500
	430	0	0	0	0	25.500	0	0	83.000	0	67.725	125.775	0	0	0	0	0	302.000
	420	0	0	0	0	21.000	0	0	67.000	0	0	177.800	76.200	0	0	0	0	342.000
	410	0	0	0	0	7.000	0	0	40.800	27.200	0	0	211.500	0	0	0	0	286.500
	400	0	0	0	0	1.500	0	0	0	16.500	0	0	10.125	192.375	0	0	0	220.500
	390	0	0	0	0	0	0	0	0	9.500	0	0	0	74.925	91.575	0	0	176.000
	380	0	0	0	0	0	0	0	0	10.500	0	0	0	0	83.000	0	0	93.500
	370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.675	88.825	0	93.500
	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92.500	0	92.500
	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18.980	54.020	73.000
	340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66.000	66.000
	330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35.000	35.000
	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44.000	44.000
	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.000	8.000
	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	33.000	117.625	134.175	164.010	59.690	17.500	202.500	256.800	165.200	233.225	303.575	297.825	267.300	179.250	200.305	207.020	2.839.000

Tonnes	Bench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Total
	540	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	530	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	520	14.626	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.626
	510	70.159	23.386	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93.545
	500	0	115.770	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115.770
	490	0	126.833	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	126.833
	480	0	48.161	144.482	0	0	0	17.894	0	0	0	0	0	0	0	0	0	210.536
	470	0	0	187.802	0	0	13.595	104.403	0	0	0	0	0	0	0	0	0	305.800
	460	0	0	33.551	134.205	0	31.170	195.835	0	25.548	0	0	0	0	0	0	0	420.308
	450	0	0	0	145.447	0	0	216.314	0	245.953	0	0	0	0	0	0	0	607.714
	440	0	0	0	172.845	13.010	0	0	177.680	0	451.936	0	0	0	0	0	0	815.470
	430	0	0	0	0	70.173	0	0	222.508	0	185.204	343.951	0	0	0	0	0	821.836
	420	0	0	0	0	58.481	0	0	179.263	0	0	486.117	208.336	0	0	0	0	932.197
	410	0	0	0	0	19.261	0	0	110.366	73.577	0	0	576.309	0	0	0	0	779.513
	400	0	0	0	0	4.184	0	0	0	44.711	0	0	27.615	524.679	0	0	0	601.190
	390	0	0	0	0	0	0	0	0	25.895	0	0	0	204.588	250.051	0	0	480.534
	380	0	0	0	0	0	0	0	0	28.504	0	0	0	0	227.238	0	0	255.742
	370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.796	243.133	0	255.930
	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	253.530	0	253.530
	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52.250	148.711	200.961
	340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	182.105	182.105
	330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96.880	96.880
	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122.013	122.013
	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22.172	22.172
	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	84.785	314.150	365.835	452.497	165.109	44.765	534.445	689.817	444.188	637.140	830.068	812.259	729.267	490.086	548.913	571.881	7.715.206

Li	Bench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Total
	540	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	530	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	520	37.074.754	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37.074.754
	510	178.410.316	59.470.105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	237.880.421
	500	0	292.235.322	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	292.235.322
	490	0	315.679.520	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	315.679.520
	480	0	121.835.062	365.505.185	0	0	0	45.116.963	0	0	0	0	0	0	0	0	0	532.457.210
	470	0	0	477.517.198	0	0	34.992.312	264.499.962	0	0	0	0	0	0	0	0	0	777.009.472
	460	0	0	84.099.930	336.399.718	0	78.290.938	506.658.762	0	62.337.676	0	0	0	0	0	0	0	1.067.787.024
	450	0	0	0	368.255.863	0	0	546.105.058	0	597.740.440	0	0	0	0	0	0	0	1.512.101.361
	440	0	0	0	442.139.707	33.279.333	0	0	445.934.360	0	1.128.971.837	0	0	0	0	0	0	2.050.325.236
	430	0	0	0	0	183.196.670	0	0	562.148.518	0	465.378.454	864.274.271	0	0	0	0	0	2.074.997.913
	420	0	0	0	0	150.121.785	0	0	453.159.776	0	0	1.245.113.060	533.619.883	0	0	0	0	2.382.014.503
	410	0	0	0	0	49.393.002	0	0	285.026.533	190.017.689	0	0	1.468.337.698	0	0	0	0	1.992.774.922
	400	0	0	0	0	11.098.964	0	0	0	114.188.502	0	0	70.323.080	1.336.138.523	0	0	0	1.531.749.069
	390	0	0	0	0	0	0	0	0	67.038.246	0	0	0	523.112.351	639.359.540	0	0	1.229.510.136
	380	0	0	0	0	0	0	0	0	71.785.177	0	0	0	0	577.513.917	0	0	649.299.094
	370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31.979.034	607.601.645	0	639.580.679
	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	633.473.350	0	633.473.350
	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132.550.516	377.259.161	509.809.677
	340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	460.197.308	460.197.308
	330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	248.487.896	248.487.896
	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	315.887.146	315.887.146
	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56.957.757	56.957.757
	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	215.485.070	789.220.009	927.122.312	1.146.795.288	427.089.753	113.283.250	1.362.380.745	1.746.269.187	1.103.107.729	1.594.350.290	2.109.387.331	2.072.280.661	1.859.250.874	1.248.852.491	1.373.625.511	1.458.789.267	19.547.289.769

LIC (t)	1.146	4.199	4.932	6.101	2.272	603	7.248	9.290	5.869	8.482	11.222	11.025	9.891	6.644	7.308	7.761	103.992
---------	-------	-------	-------	-------	-------	-----	-------	-------	-------	-------	--------	--------	-------	-------	-------	-------	---------

12.1.4.2. Clasificación de estéril de mina (<2.300 ppm)

El material cuya ley es inferior a 2.300 ppm se clasifica como estéril, al no cumplir con los criterios económicos para su procesamiento. La correcta identificación y cuantificación del estéril de mina es esencial para gestionar una buena planificación en los botaderos, manejo de costos y estimaciones de costos operacionales.

En este apartado se presenta la distribución del estéril a lo largo del avance del proyecto, permitiendo identificar su ubicación por banco y volumen. Esta información, contenida en la tabla 29, contribuye al diseño de mina y al cumplimiento de los estándares ambientales.

Tabla 29. Toneladas de estéril y contenido de Li de menor calidad por periodo.

Volume	Bench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Total
	540	27.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27.000
	530	128.000	0	0	0	8.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	136.000
	520	219.000	0	0	0	46.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	265.000
	510	178.875	59.625	0	0	115.500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	354.000
	500	0	254.000	0	0	196.500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	450.500
	490	0	297.500	0	0	298.500	0	4.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	600.000
	480	0	90.250	270.750	0	0	401.500	31.500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	794.000
	470	0	0	346.500	0	0	481.000	90.000	0	1.500	0	0	0	0	0	0	0	919.000
	460	0	0	51.700	206.800	0	308.100	370.900	0	26.500	0	0	0	0	0	0	0	964.000
	450	0	0	0	162.500	0	0	185.000	0	590.000	0	0	0	0	0	0	0	937.500
	440	0	0	0	51.150	3.850	0	0	154.000	0	569.000	0	0	0	0	0	0	778.000
	430	0	0	0	0	29.500	0	0	112.000	0	154.875	287.625	0	0	0	0	0	584.000
	420	0	0	0	0	9.500	0	0	74.000	0	0	239.400	102.600	0	0	0	0	425.500
	410	0	0	0	0	1.000	0	0	45.000	30.000	0	0	246.000	0	0	0	0	322.000
	400	0	0	0	0	0	0	0	0	58.000	0	0	9.775	185.725	0	0	0	253.500
	390	0	0	0	0	0	0	0	0	38.000	0	0	0	82.125	100.375	0	0	220.500
	380	0	0	0	0	0	0	0	0	22.500	0	0	0	0	145.000	0	0	167.500
	370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.575	105.925	0	111.500
	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76.000	0	76.000
	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.270	29.230	39.500
	340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.500	17.500
	330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.500	5.500
	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	500
	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	500
	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	552.875	701.375	668.950	420.450	708.350	1.190.600	681.400	385.000	766.500	723.875	527.025	358.375	267.850	250.950	192.195	53.230	8.449.000

Tonnes	Bench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Total
	540	38.265	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38.265
	530	286.145	0	0	0	12.354	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	298.499
	520	525.853	0	0	0	91.974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	617.827
	510	442.820	147.607	0	0	261.844	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	852.271
	500	0	642.829	0	0	464.877	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.107.706
	490	0	751.574	0	0	737.679	0	6.610	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.495.863
	480	0	230.726	692.179	0	0	1.023.767	59.561	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.006.233
	470	0	0	914.292	0	0	1.249.483	170.440	0	1.604	0	0	0	0	0	0	0	2.335.818
	460	0	0	141.309	565.234	0	805.060	898.539	0	52.952	0	0	0	0	0	0	0	2.463.094
	450	0	0	0	446.855	0	0	459.906	0	1.516.614	0	0	0	0	0	0	0	2.423.374
	440	0	0	0	140.543	10.578	0	0	409.111	0	1.540.156	0	0	0	0	0	0	2.100.388
	430	0	0	0	0	81.464	0	0	297.790	0	424.535	788.421	0	1.592.210	0	0	0	2.100.388
	420	0	0	0	0	26.341	0	0	197.154	0	0	656.243	281.247	0	0	0	0	1.160.985
	410	0	0	0	0	2.727	0	0	120.335	80.224	0	0	676.851	0	0	0	0	880.137
	400	0	0	0	0	0	0	0	0	157.007	0	0	26.705	507.404	0	0	0	691.116
	390	0	0	0	0	0	0	0	0	102.587	0	0	0	224.284	274.125	0	0	600.997
	380	0	0	0	0	0	0	0	0	60.702	0	0	0	0	394.330	0	0	455.033
	370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.224	289.262	0	304.486
	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	208.051	0	208.051
	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28.315	80.587	108.902
	340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48.297	48.297
	330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.216	15.216
	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.393	1.393
	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.379	1.379
	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	1.293.084	1.772.736	1.747.779	1.152.632	1.689.838	3.078.310	1.595.056	1.024.390	1.971.690	1.964.690	1.444.664	984.803	731.688	683.680	525.627	146.872	21.807.540

Li	Bench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Total
	540	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	530	552.259	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	552.259
	520	187.224.884	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	187.224.884
	510	285.820.061	95.273.354	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	381.093.414
	500	0	548.930.841	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	548.930.841
	490	0	909.914.539	0	0	0	0	831.815	0	0	0	0	0	0	0	0	0	910.746.354
	480	0	331.881.472	995.644.415	0	0	7.945.141	57.257.098	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.392.728.125
	470	0	0	1.399.862.813	0	0	94.965.836	206.748.603	0	2.924.787	0	0	0	0	0	0	0	1.704.502.039
	460	0	0	220.374.816	881.499.263	0	114.273.746	663.463.291	0	91.288.720	0	0	0	0	0	0	0	1.970.899.835
	450	0	0	0	746.216.391	0	0	746.422.520	0	678.639.182	0	0	0	0	0	0	0	2.171.278.093
	440	0	0	0	258.742.580	19.475.248	0	0	703.067.510	0	1.032.800.253	0	0	0	0	0	0	2.014.085.591
	430	0	0	0	0	150.864.360	0	0	532.201.033	0	309.255.407	574.331.471	0	0	0	0	0	1.566.652.271
	420	0	0	0	0	50.045.677	0	0	330.322.868	0	0	603.940.500	258.831.643	0	0	0	0	1.243.140.688
	410	0	0	0	0	5.888.726	0	0	217.657.698	145.105.132	0	0	783.141.949	0	0	0	0	1.151.793.504
	400	0	0	0	0	0	0	0	0	309.643.993	0	0	39.259.201	745.924.818	0	0	0	1.094.828.011
	390	0	0	0	0	0	0	0	0	188.938.280	0	0	0	385.362.316	470.998.386	0	0	1.045.298.981
	380	0	0	0	0	0	0	0	0	117.111.628	0	0	0	0	751.170.631	0	0	868.282.258
	370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28.656.022	544.464.416	0	573.120.438
	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	413.894.583	0	413.894.583
	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57.065.434	162.417.004	219.482.438
	340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95.342.479	95.342.479
	330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.987.181	33.987.181
	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.097.828	3.097.828
	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.738.203	2.738.203
	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	473.597.204	1.886.000.204	2.615.882.043	1.886.458.234	226.274.010	217.184.723	1.674.723.327	1.783.249.109	1.533.651.721	1.342.055.660	1.178.271.971	1.081.232.793	1.131.287.133	1.250.825.038	1.015.424.433	297.582.696	19.593.700.300

Finalmente, se presenta una tabla resumen que muestra las leyes de mineral en cada uno de los periodos (Tabla 30), donde se destacan diversos factores de corrección como el factor de mina a planta (from pit to plant factor) y el factor de acopio a planta (from stock to plant factor). Estos factores se evalúan en función de la capacidad máxima de procesamiento de la planta y del material recibido, lo que permite ajustar y optimizar el flujo de mineral hacia la planta de procesamiento.

Tabla 30. Resumen del primer caso de estudio (2.300 ppm).

From Pit	Tonnes	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Period 19	Period 20	Period 21	Period 22	Period 23	Period 24	Total
	HG	231.716	1.177.659	1.094.761	1.600.388	1.406.840	81.266	1.052.882	1.498.866	821.109	636.383	934.098	1.389.646	1.712.972	2.049.271	2.127.543	2.266.214	0	0	0	0	0	0	0	0	20.081.614
	LG	84.785	314.150	365.835	452.497	165.109	44.765	534.445	689.817	444.188	637.140	830.068	812.259	729.267	490.086	548.913	571.881	0	0	0	0	0	0	0	0	7.715.206
	Total	316.502	1.491.809	1.460.595	2.052.885	1.571.949	126.031	1.587.327	2.188.682	1.265.297	1.273.523	1.764.166	2.201.906	2.442.240	2.539.356	2.676.457	2.838.096	0	0	0	0	0	0	0	0	27.796.820
	Li																									
	HG	4.432	22.395	20.368	31.630	28.705	1.568	17.632	25.653	15.470	11.540	16.161	23.163	28.780	35.929	38.657	42.589	0	0	0	0	0	0	0	0	364.671
	LG	1.146	4.199	4.932	6.101	2.272	603	7.248	9.290	5.869	8.482	11.222	11.025	9.891	6.644	7.308	7.761	0	0	0	0	0	0	0	0	103.992
	Total	5.578	26.594	25.300	37.731	30.977	2.171	24.880	34.943	21.338	20.022	27.383	34.188	38.671	42.573	45.964	50.349	0	0	0	0	0	0	0	0	468.663

		Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16
From pit to plant factor	HG	0,00	0,25	1,00	0,78	0,89	1,00	1,00	0,84	1,00	1,00	1,00	0,90	0,73	0,61	0,59	0,55
	LG	0,00								0,20	0,97	0,38					

From pit to Plant	Tonnes	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Period 19	Period 20	Period 21	Period 22	Period 23	Period 24	Total
	HG	0	294.415	1.094.761	1.249.903	1.252.088	81.266	1.052.882	1.251.553	821.109	636.383	934.098	1.250.682	1.250.470	1.250.055	1.248.868	1.250.950	0	0	0	0	0	0	0	0	14.919.481
	LG	0	0	0	0	0	0	0	0	88.838	614.840	315.426	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.019.104
	Total	0	294.415	1.094.761	1.249.903	1.252.088	81.266	1.052.882	1.251.553	909.946	1.251.223	1.249.524	1.250.682	1.250.470	1.250.055	1.248.868	1.250.950	0	0	0	0	0	0	0	0	15.938.584
	Li																									
	HG	0	5.599	20.368	24.703	25.547	1.568	17.632	21.420	15.470	11.540	16.161	20.847	21.009	21.917	22.692	23.509	0	0	0	0	0	0	0	0	269.982
	LG	0	0	0	0	0	0	0	0	1.174	8.185	4.264	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13.623
	Total	0	5.599	20.368	24.703	25.547	1.568	17.632	21.420	16.643	19.725	20.425	20.847	21.009	21.917	22.692	23.509	0	0	0	0	0	0	0	0	283.605

From pit to Stock	Tonnes	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Period 19	Period 20	Period 21	Period 22	Period 23	Period 24	Total
	HG	231.716	883.245	0	350.485	154.752	0	0	247.313	0	0	0	138.965	462.503	799.216	878.675	1.015.264	0	0	0	0	0	0	0	0	5.162.133
	LG	84.785	314.150	365.835	452.497	165.109	44.765	534.445	689.817	355.350	22.300	514.642	812.259	729.267	490.086	548.913	571.881	0	0	0	0	0	0	0	0	6.696.102
	Total	316.502	1.197.395	365.835	802.982	319.861	44.765	534.445	937.129	355.350	22.300	514.642	951.224	1.191.770	1.289.301	1.427.589	1.587.145	0	0	0	0	0	0	0	0	11.858.235
	Li																									
	HG	4.432	16.796	0	6.927	3.158	0	0	4.233	0	0	0	2.316	7.771	14.012	15.965	19.080	0	0	0	0	0	0	0	0	838.324.110
	LG	1.146	4.199	4.932	6.101	2.272	603	7.248	9.290	4.695	297	6.958	11.025	9.891	6.644	7.308	7.761	0	0	0	0	0	0	0	0	90.368
	Total	5.578	20.995	4.932	13.028	5.430	603	7.248	13.523	4.695	297	6.958	13.341	17.662	20.656	23.273	26.840	0	0	0	0	0	0	0	0	185.058

		Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Period 19	Period 20	Period 21	Period 22	Period 23	Period 24
From stock to plant factor	HG	-	-	0,14	-		0,80	0,68	-	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-	0,38	0,61	1,00	-	-	-		-
	LG	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	0,20	0,25	0,34	0,50	1,00

From Stock to plant	Tonnes	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Period 19	Period 20	Period 21	Period 22	Period 23	Period 24	Total
	HG	0	0	156.095	0	0	1.171.283	199.118	0	341.015	0	0	0	0	0	0	0	1.251.956	1.250.111	792.554	0	0	0	0	0	5.162.133
	LG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	458.683	1.250.603	1.251.691	1.251.267	1.241.929	1.241.929	6.696.102
	Total	0	0	156.095	0	0	1.171.283	199.118	0	341.015	0	0	0	0	0	0	0	1.251.956	1.250.111	1.251.237	1.250.603	1.251.691	1.251.267	1.241.929	1.241.929	11.858.235
	Li																									
	HG	0	0	2.972	0	0	22.673	3.854	0	6.047	0	0	0	0	0	0	0	22.475	22.442	14.228	0	0	0	0	0	94.690
	LG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.190	16.878	16.892	16.887	16.761	16.761	90.368
	Total	0	0	2.972	0	0	22.673	3.854	0	6.047	0	0	0	0	0	0	0	22.475	22.442	20.418	16.878	16.892	16.887	16.761	16.761	185.058

To plant	Tonnes	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Period 19	Period 20	Period 21	Period 22	Period 23	Period 24	Total
	HG	0	294.415	1.250.855	1.249.903	1.252.088	1.252.549	1.252.000	1.251.553	1.162.124	636.383	934.098	1.250.682	1.250.470	1.250.055	1.248.868	1.250.950	1.251.956	1.250.111	792.554	0	0	0	0	0	20.081.614
	LG	0	0	0	0	0	0	0	0	88.838	614.840	315.426	0	0	0	0	0	0	0	458.683	1.250.603	1.251.691	1.251.267	1.241.929	1.241.929	7.715.206
	Total	0	294.415	1.250.855	1.249.903	1.252.088	1.252.549	1.252.000	1.251.553	1.250.962	1.251.223	1.249.524	1.250.682	1.250.470	1.250.055	1.248.868	1.250.950	1.251.956	1.250.111	1.251.237	1.250.603	1.251.691	1.251.267	1.241.929	1.241.929	27.796.820
	Li																									
	HG	0	5.599	23.340	24.703	25.547	24.241	21.487	21.420	21.516	11.540	16.161	20.847	21.009	21.917	22.692	23.509	22.475	22.442	14.228	0	0	0	0	0	364.671
	LG	0	0	0	0	0	0	0	0	1.174	8.185	4.264	0	0	0	0	0	0	0	6.190	16.878	16.892	16.887	16.761	16.761	103.992
	Total	0	5.599	23.340	24.703	25.547	24.241	21.487	21.420	22.690	19.725	20.425	20.847	21.009	21.917	22.692	23.509	22.475	22.442	20.418	16.878	16.892	16.887	16.761	16.761	468.663
	Total rec	0	3.141	13.093	13.859	14.332	13.599	12.054	12.017	12.729	11.066	11.459	11.695	11.786	12.295	12.730	13.189	12.608	12.590	11.454	9.468	9.477	9.473	9.403	9.403	262.920

In stock	Tonnes	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Period 19	Period 20	Period 21	Period 22	Period 23	Period 24	Total
	HG	231.716	1.114.961	958.866	1.309.351	1.464.104	292.821	93.703	341.015	0	0	0	138.965	601.467	1.400.683	2.279.358	3.294.622	2.042.666	792.554	0	0	0	0	0	0	16.356.852
	LG	84.785	398.935	764.770	1.217.267	1.382.376	1.427.141	1.961.586	2.651.403	3.006.753	3.029.053	3.543.695	4.355.954	5.085.221	5.575.307	6.124.221	6.696.102	6.696.102	6.696.102	6.237.419	4.986.817	3.735.126	2.483.859	1.241.929	0	79.381.923
	Total	316.502	1.513.896	1.723.636	2.526.618	2.846.479	1.719.962	2.055.289	2.992.418	3.006.753	3.029.053	3.543.695	4.494.919	5.686.689	6.975.990	8.403.579	9.990.724	8.738.768	7.488.656	6.237.419	4.986.817	3.735.126	2.483.859	1.241.929	0	95.738.775
	Li																									
	HG	4.432	21.228	18.256	25.183	28.341	5.668	1.814	6.047	0	0	0	2.316	10.087	24.099	40.064	59.144	36.669	14.228	0	0	0	0	0	0	297.578
	LG	1.146	5.345	10.277	16.378	18.650	19.253	26.501	35.791	40.486	40.783	47.740	58.765	68.656	75.300	82.608	90.368	90.368	90.368	84.178	67.300	50.408	33.521	16.761	0	1.070.954
	Total	5.578	26.573	28.534	41.562	46.991	24.921	28.315	41.838	40.486	40.783	47.740	61.081	78.743	99.399	122.672	149.513	127.038	104.596	84.178	67.300	50.408	33.521	16.761	0	1.368.532

12.2. Escenario de producción para una ley de corte de 2.900 ppm

El segundo escenario de producción se define con los mismos cálculos que para el escenario anterior. Para catalogar si el mineral tiene una ley alta (high grade) o baja (low grade), se condiciona con la función “SI”, debido a que se considera un mineral de alta ley a partir de 3.000 ppm. Además, será necesario generar una nueva tabla dinámica (tabla 16) que agrupe toda la información proporcionada con anterioridad, donde se presente un inicio de banco en la cota 540 (superficie del terreno) con una altura de 10 m y delimitada hasta el banco 300.

12.2.1. Fases para ley de 2.900 ppm

La tabla dinámica (Tabla 16) genera una serie de fases en las que se desarrollará el periodo de explotación que definen la estructura del proyecto y sus años de explotación, obteniendo la cantidad de mineral, de estéril y de Li_2CO_3 a producir en cada etapa.

Las estructuras de las diversas fases permiten conocer con exactitud el promedio de material entre el banco a minar y el total de material extraído. Este último se puede desglosar, según las respectivas unidades tanto del mineral como del estéril (bcm, t, g Li, Li ppm) y junto con ello, también estimar la producción de Li_2CO_3 por año. Finalmente, y al igual que en el escenario anterior se delimitan las 4 fases (Tabla 31) separadas por periodos (años).

Tabla 31. Fase proyecto la Fregeneda para una ley de 2900 ppm.

		Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Total
Ore (bcm)	1	102.500	348.375	346.125	339.125	333.975	185.800	162.100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.818.000
	2	0	0	0	0	27.100	14.400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41.500
	3	0	0	0	0	0	280.500	156.450	200.700	137.350	54.000	0	0	0	0	0	0	0	0	829.000
	4	0	0	0	0	0	0	103.500	145.000	173.150	279.000	391.850	402.500	380.800	357.950	377.600	355.650	364.000	177.000	3.508.000
Total		102.500	348.375	346.125	339.125	361.075	480.700	422.050	345.700	310.500	333.000	391.850	402.500	380.800	357.950	377.600	355.650	364.000	177.000	6.196.500

Ore (t)	1	273.921	956.265	956.522	948.027	942.076	526.470	458.886	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.062.168
	2	0	0	0	0	71.923	38.598	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110.520
	3	0	0	0	0	0	756.602	423.217	545.511	376.695	149.833	0	0	0	0	0	0	0	0	2.251.858
	4	0	0	0	0	0	0	280.801	396.207	474.377	764.326	1.074.488	1.104.760	1.046.230	984.102	1.038.663	979.260	1.002.978	489.815	9.636.007
Total		273.921	956.265	956.522	948.027	1.013.999	1.321.669	1.162.905	941.718	851.072	914.160	1.074.488	1.104.760	1.046.230	984.102	1.038.663	979.260	1.002.978	489.815	17.060.553

Ore (g Li)	1	1.004.576.824	3.530.363.772	3.388.939.543	3.539.369.101	3.651.461.277	2.027.743.683	1.798.038.976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18.940.493.176
	2	0	0	0	0	268.407.458	145.775.539	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	414.182.997
	3	0	0	0	0	0	2.422.414.773	1.366.907.929	1.816.800.280	1.250.761.285	548.339.379	0	0	0	0	0	0	0	0	7.405.223.646
	4	0	0	0	0	0	0	1.008.422.163	1.390.967.857	1.657.397.265	2.530.664.420	3.445.523.633	3.595.422.224	3.514.911.890	3.380.015.620	3.619.191.230	3.458.281.283	3.639.285.084	1.789.494.112	33.029.576.781
Total		1.004.576.824	3.530.363.772	3.388.939.543	3.539.369.101	3.919.868.734	4.595.933.995	4.173.369.068	3.207.768.138	2.908.158.550	3.079.003.798	3.445.523.633	3.595.422.224	3.514.911.890	3.380.015.620	3.619.191.230	3.458.281.283	3.639.285.084	1.789.494.112	59.789.476.600

Ore (ppm Li)	1	3.667	3.692	3.543	3.733	3.876	3.852	3.918	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.742
	2	0	0	0	0	3.732	3.777	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.748
	3	0	0	0	0	0	3.202	3.230	3.330	3.320	3.660	0	0	0	0	0	0	0	0	3.288
	4	0	0	0	0	0	0	3.591	3.511	3.494	3.311	3.207	3.254	3.360	3.435	3.484	3.532	3.628	3.653	3.428
Total		3.667	3.692	3.543	3.733	3.866	3.477	3.589	3.406	3.417	3.368	3.207	3.254	3.360	3.435	3.484	3.532	3.628	3.653	3.505

Waste (bcm)	1	663.000	808.000	800.650	494.700	213.450	57.000	23.200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.060.000
	2	0	267.750	247.500	550.750	810.100	215.400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.091.500
	3	0	0	0	0	0	717.700	271.050	291.800	268.450	85.000	0	0	0	0	0	0	0	0	1.634.000
	4	0	0	0	0	0	0	735.500	743.500	775.300	765.600	632.350	494.150	326.675	261.925	267.800	188.700	175.500	72.500	5.439.500
Total		663.000	1.075.750	1.048.150	1.045.450	1.023.550	990.100	1.029.750	1.035.300	1.043.750	850.600	632.350	494.150	326.675	261.925	267.800	188.700	175.500	72.500	12.225.000

Waste (t)	1	1.570.828	2.073.002	2.106.779	1.356.955	589.137	157.794	64.304	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.918.800
	2	0	598.610	601.278	1.392.607	2.108.652	562.799	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.263.945
	3	0	0	0	0	0	1.702.294	721.214	779.924	720.597	230.412	0	0	0	0	0	0	0	0	4.154.441
	4	0	0	0	0	0	0	1.885.873	2.016.936	2.122.475	2.096.940	1.730.860	1.350.426	891.948	715.725	733.415	518.284	484.750	200.806	14.748.435
Total		1.570.828	2.671.612	2.708.057	2.749.562	2.697.788	2.422.887	2.671.391	2.796.859	2.843.072	2.327.352	1.730.860	1.350.426	891.948	715.725	733.415	518.284	484.750	200.806	32.085.621

Ore (g LIC)	1	5.344.348.703	18.781.535.267	18.029.158.370	18.829.443.620	19.425.773.993	10.787.596.393	9.565.567.350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100.763.423.697
	2	0	0	0	0	1.427.927.674	775.525.869	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.203.453.544
	3	0	0	0	0	0	12.887.246.592	7.271.950.182	9.665.377.491	6.654.050.038	2.917.165.494	0	0	0	0	0	0	0	0	39.395.789.797
	4	0	0	0	0	0	0	5.364.805.910	7.399.949.000	8.817.353.448	13.463.134.713	18.330.185.729	19.127.646.233	18.699.331.256	17.981.683.098	19.254.097.341	18.398.056.426	19.360.996.646	9.520.108.676	175.717.348.476
Total		5.344.348.703	18.781.535.267	18.029.158.370	18.829.443.620	20.853.701.667	24.450.368.854	22.202.323.442	17.065.326.492	15.471.403.486	16.380.300.207	18.330.185.729	19.127.646.233	18.699.331.256	17.981.683.098	19.254.097.341	18.398.056.426	19.360.996.646	9.520.108.676	318.080.015.513

Product (g LIC)	1	2.998.179.622	10.536.441.285	10.114.357.846	10.563.317.871	10.897.859.210	6.051.841.577	5.366.283.283	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56.528.280.694
	2	0	0	0	0	801.067.425	435.070.013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.236.137.438
	3	0	0	0	0	0	7.229.745.338	4.079.564.052	5.422.276.773	3.732.922.071	1.636.529.842	0	0	0	0	0	0	0	0	22.101.038.076
	4	0	0	0	0	0	0	3.009.656.115	4.151.371.389	4.946.535.285	7.552.818.574	10.283.234.194	10.730.609.537	10.490.324.835	10.087.724.218	10.801.548.609	10.321.309.655	10.861.519.118	5.340.780.967	98.577.432.495
Total		2.998.179.622	10.536.441.285	10.114.357.846	10.563.317.871	11.698.926.635	13.716.656.927	12.455.503.451	9.573.648.162	8.679.457.356	9.189.348.416	10.283.234.194	10.730.609.537	10.490.324.835	10.087.724.218	10.801.548.609	10.321.309.655	10.861.519.118	5.340.780.967	178.442.888.703

Como se puede apreciar en la tabla 31 la explotación y la restauración del proyecto ocupan 18 años, en los que se estima, para una ley de corte cercana a 2.900 ppm de mineral, una extracción de mineral aproximada de 900.000 t/año y de 2.700.000 t/año de estéril, lo que corresponde a más de 10.000 t/año de Li_2CO_3 .

Las fases de producción indican que existe un periodo en el cual se debe seguir extrayendo material desde una cota superior, a la vez que se comienza un nuevo minado en una segunda fase. Esto se manifiesta en el año 7, debido a la existencia de un talud de mayor altura (tabla 32) que es necesario explotar para acceder a la cota óptima de la fase siguiente. El trabajo que se realiza en dicho año puede generar un desfase en la extracción de material y/o estéril, por lo que habrá que evaluarlo al realizar la estructura o avance del proyecto.

Tabla 32. Periodo de trabajo con aplazamiento en fase 1. Se indica en color amarillo la producción de mineral en la Fase 1 del periodo 7.

		Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7
Ore (bcm)	1	102.500	348.375	346.125	339.125	333.975	185.800	162.100
	2	0	0	0	0	27.100	14.400	0
	3	0	0	0	0	0	280.500	156.450
	4	0	0	0	0	0	0	103.500
	Total	102.500	348.375	346.125	339.125	361.075	480.700	422.050
Ore (t)	1	273.921	956.265	956.522	948.027	942.076	526.470	458.886
	2	0	0	0	0	71.923	38.598	0
	3	0	0	0	0	0	756.602	423.217
	4	0	0	0	0	0	0	280.801
	Total	273.921	956.265	956.522	948.027	1.013.999	1.321.669	1.162.905
Ore (g Li)	1	1.004.576.824	3.530.363.772	3.388.939.543	3.539.369.101	3.651.461.277	2.027.743.683	1.798.038.976
	2	0	0	0	0	268.407.458	145.775.539	0
	3	0	0	0	0	0	2.422.414.773	1.366.907.929
	4	0	0	0	0	0	0	1.008.422.163
	Total	1.004.576.824	3.530.363.772	3.388.939.543	3.539.369.101	3.919.868.734	4.595.933.995	4.173.369.068
Ore (ppm Li)	1	3.667	3.692	3.543	3.733	3.876	3.852	3.918
	2	0	0	0	0	3.732	3.777	0
	3	0	0	0	0	0	3.202	3.230
	4	0	0	0	0	0	0	3.591
	Total	3.667	3.692	3.543	3.733	3.866	3.477	3.589

Al final de la vida de mina (periodo 18), se percibe una disminución considerable de mineral, que da como resultado final de extracción de mineral en las 4 fases de 17.258.918 t (tabla 33).

Tabla 33. Disminución de mineral en el último periodo.

		Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Total
Ore (t)	1	0	0	0	0	5.062.168
	2	0	0	0	0	110.520
	3	0	0	0	0	2.450.223
	4	1.038.663	979.260	1.002.978	489.815	9.636.007
	Total	1.038.663	979.260	1.002.978	489.815	17.258.918

Eventualmente, esto también sucede con el estéril, ya que el promedio de los últimos cuatro años del proyecto ronda las 483.000 t. Sin embargo, puesto que el mineral se encuentra en menor cantidad y que la zona de explotación define un lugar más acotado para su extracción, se debe resolver en costes menores. Para ello, en el último año se considera una extracción cercana a las 200.000 t y 32.345.329 t de estéril total, con mayor cantidad de material en las fases 1 y 4, que establecen un ratio favorable en la primera fase (tabla 34). Por último, en el año 6 y entre los periodos 2 y 7, tiene lugar un aumento de 13.000 t en la producción de Li_2CO_3 (tabla 35) que está limitada por la planta de tratamiento.

Tabla 34. Disminución de estéril en el último periodo.

		Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Total
Waste (t)	1	0	0	0	0	7.918.800
	2	0	0	0	0	5.263.945
	3	0	0	0	0	4.414.148
	4	733.415	518.284	484.750	200.806	14.748.435
	Total	733.415	518.284	484.750	200.806	32.345.329

Tabla 35. Producción más alta de Li_2CO_3 .

		Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7
Product (g LIC)	1	2.998.179.622	10.536.441.285	10.114.357.846	10.563.317.871	10.897.859.210	6.051.841.577	5.366.283.283
	2	0	0	0	0	801.067.425	435.070.013	0
	3	0	0	0	0	0	7.229.745.338	4.079.564.052
	4	0	0	0	0	0	0	3.009.656.115
	Total	2.998.179.622	10.536.441.285	10.114.357.846	10.563.317.871	11.698.926.635	13.716.656.927	12.455.503.451

La última producción de Li_2CO_3 (año 18) es aproximadamente de 5.000 t, sumando en total de 180.749 t de Li_2CO_3 en las 4 fases del proyecto (Tabla 36), debido a la mayor concentración de mineral en las últimas cotas del yacimiento.

Tabla 36. Producción total final de Li_2CO_3 .

		Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Total
Product (g LIC)	1	0	0	0	0	56.528.280.694
	2	0	0	0	0	1.236.137.438
	3	0	0	0	0	24.407.163.887
	4	10.801.548.609	10.321.309.655	10.861.519.118	5.340.780.967	98.577.432.495
	Total	10.801.548.609	10.321.309.655	10.861.519.118	5.340.780.967	180.749.014.514

12.2.2. Estructura de Minado

La generación de una estructura de minado de banco permite establecer un criterio de avance específico, es decir, admite formar un itinerario de progreso que comienza en la fase 1 del año 1. Se comienza con un minado completo del banco número 1 (100% de minado del banco) y se va descendiendo en ciertos casos para ajustar el ritmo de explotación de las fases.

12.2.2.1. Fase 1

Durante el primer año siempre se extrae una mayor cantidad de estéril que de mineral. Entre la cota 540 y 510 se generan 273.921 t de mineral y 1.570.828 t de estéril, que se utilizan para calcular una producción de 5.344 t de Li_2CO_3 (Tabla 37).

Tabla 37. Fase 1 del periodo 1.

		Period 1
Ore		273.921
Waste		1.570.828
Total		1.844.750
LIC (t)		5.344
Phase	Bench	
1	540	1
1	530	1
1	520	1
1	510	1

El año 2 comienza con el banco siguiente (500) y termina con el minado del 25 % del banco 480, generando una producción de 18.782 t de Li_2CO_3 (Tabla 38)

Tabla 38. Minado de banco período 2 de la fase 1.

		Period 1	Period 2
Ore		273.921	956.265
Waste		1.570.828	2.073.002
Total		1.844.750	3.029.268
LIC (t)		5.344	18.782
Phase	Bench		
1	540	1	
1	530	1	
1	520	1	
1	510	1	
1	500		1
1	490		1
1	480		0,25

El objetivo de la planificación del proyecto es que no se pueda minar un mismo banco más de una vez, como se aprecia en la tabla 39 (marcado en rojo), donde el banco se explotó en dos periodos diferentes.

Tabla 39. Tipo de error en minado de bancos.

		Period 1	Period 2	Period 3
Ore		273.921	956.265	1.393.997
Waste		1.570.828	2.073.002	3.087.038
Total		1.844.750	3.029.268	4.481.035
LIC (t)		2.998	10.536	14.956
Phase	Bench			
1	540	1		
1	530	1		
1	520	1		
1	510	1		
1	500		1	
1	490		1	1
1	480		0,25	0,75
1	470			1
1	460			0,1

Esta fase tendrá lugar hasta el año 7 de explotación, culminando con en el banco 400 y el 100% del minado (Tabla 40). Además, desde el año 5 no se observa gran cantidad de estéril y para cumplir con lo proyectado, deberá ser ajustado en las siguientes fases.

Tabla 40. Estructura de minado de fase 1.

		Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7
	Ore	273.921	956.265	956.522	948.027	942.076	526.470	458.886
	Waste	1.570.828	2.073.002	2.106.779	1.356.955	589.137	157.794	64.304
	Total	1.844.750	3.029.268	3.063.301	2.304.983	1.531.213	684.264	523.190
	LIC (t)	5.344	18.782	18.029	18.829	19.426	10.788	9.566
Phase	Bench							
1	540	1						
1	530	1						
1	520	1						
1	510	1						
1	500		1					
1	490		1					
1	480		0,25	0,75				
1	470			1				
1	460			0,1	0,9			
1	450				0,85	0,15		
1	440					1		
1	430					0,6	0,4	
1	420						0,8	0,2
1	410							1
1	400							1

Entre los años 6 y 7 decrece la ley de mineral, debido a que por más explotaciones que se realicen a partir del banco 400, no aumenta la cantidad de mineral y estéril, lo que se traduce en una menor producción (tabla 41).

Tabla 41. Límite de extracción de material en fase 1.

		Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7
Ore		273.921	956.265	956.522	948.027	942.076	526.470	458.886
Waste		1.570.828	2.073.002	2.106.779	1.356.955	589.137	157.794	64.304
Total		1.844.750	3.029.268	3.063.301	2.304.983	1.531.213	684.264	523.190
LIC (t)		2.998	10.536	10.114	10.563	10.898	6.052	5.366
Phase	Bench							
1	540	1						
1	530	1						
1	520	1						
1	510	1						
1	500		1					
1	490		1					
1	480		0,25	0,75				
1	470			1				
1	460			0,1	0,9			
1	450				0,85	0,15		
1	440					1		
1	430					0,6	0,4	
1	420						0,8	0,2
1	410							1
1	400							1
1	390							1
1	380							1
1	370							1

12.2.2.2. Fase 2

Esta fase, que se desarrollará en 5 años, comienza en el año 2 a cota 540 y termina en el año 6 a cota 460 (Tabla 42). Se aprecia un aumento considerable del total de estéril desde la fase 1, pero no con un excesivo aumento del total de mineral. El aumento del estéril genera que el inicio de la fase 3, tenga lugar en el año 5 para suplir el material que no fue minado.

Se observa que aún existe un desfase en cuanto a la extracción de mineral en el año 6, y que se arrastra desde la fase 1 (Tabla 41). Por ello, es necesario persistir en la fase siguiente y llegar al óptimo de extracción. Para revertir la pérdida que se genera respecto a los periodos anteriores, el inicio de la fase 3 comenzará el año 6.

Tabla 42. Estructura de minado de fase 2.

		Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6
	Ore	273.921	956.265	956.522	948.027	1.013.999	565.067
	Waste	1.570.828	2.671.612	2.708.057	2.749.562	2.697.788	720.593
	Total	1.844.750	3.627.878	3.664.579	3.697.589	3.711.788	1.285.660
	LIC (t)	5.344	18.782	18.029	18.829	20.854	11.563
Phase	Bench						
2	540		1				
2	530		1				
2	520		1				
2	510		1				
2	500		0,5	0,5			
2	490			0,5	0,5		
2	480				1		
2	470					1	
2	460					0,6	0,4

12.2.2.3. Fase 3

La extracción comenzará el año 6 desde el banco 490 (Tabla 43), lo que acentúa un comienzo de explotación de bancos más pronunciados. El año 6 finaliza con el 90% del banco 450, debido a que será minado también el año 7 en la misma fase, puesto que el estéril ha superado lo contemplado.

Durante el año 6 y para las 3 fases se obtendrá una producción de 24.450 t de Li_2CO_3 , para un total de 1.321.669 t de mineral y 2.422.887 t de estéril. El final de la fase 3 tiene lugar tras 6 años (año 11 del total) alcanzando el minado del 100% del banco 380 (Tabla 44).

Desde el año 7 hasta al 11, se sigue incumpliendo el objetivo de 900.000 t de mineral y de 2.700.000 t/año de estéril, ya que al profundizar en el yacimiento existirá una disminución considerable de estéril y un aumento de mineral.

Tabla 43. Producción total periodo 6.

		Period 6
Ore		1.321.669
Waste		2.422.887
Total		3.744.556
LIC (t)		24.450
Phase	Bench	
3	520	1
3	510	1
3	500	1
3	490	1
3	480	1
3	470	1
3	460	1
3	450	0,9

Tabla 44. Estructura de minado fase 3.

		Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11
Ore		1.321.669	882.103	545.511	376.695	297.365	50.833
Waste		2.422.887	785.518	779.924	720.597	399.970	90.149
Total		3.744.556	1.667.621	1.325.435	1.097.292	697.335	140.982
LIC (t)		24.450	16.838	9.665	6.654	5.952	1.076
Phase	Bench						
3	520	1					
3	510	1					
3	500	1					
3	490	1					
3	480	1					
3	470	1					
3	460	1					
3	450	0,9	0,1				
3	440		0,9	0,1			
3	430			1			
3	420			0,3	0,7		
3	410				1		
3	400					1	
3	390					1	
3	380					0,1	0,9

12.2.2.4. Fase 4

Esta fase comienza en el año 7 y en el banco 460 (Tabla 45), debido a que es allí donde se percibe un ligero aumento del mineral. Su salto más significativo tiene lugar al minar por completo el banco 450, donde pasa de 882.103 a 1.162.905 t de mineral, siendo necesario retirar 2.671.391 t de estéril.

Desde el comienzo de esta fase y junto a la profundización en el yacimiento, se observa una disminución paulatina de la cantidad de mineral y de estéril. La finalización de la fase 4 termina en el periodo 18 y en el banco 310 (Tabla 46).

Entre los años 8 y 9 se concentra mayor cantidad de estéril que de mineral, al alcanzarse el límite de la zona de estéril. Además, la producción de Li_2CO_3 desciende respecto a años anteriores, para luego ascender y mantenerse constante durante 8 años, para llegar a 9.520 t de producción el último año de operación.

Durante los 18 años de explotación del yacimiento, el mineral extraído asciende a 17.258.918 t para 32.345.329 t de estéril, para una producción total de 322.191 t de Li_2CO_3 con una ley de 2.900 ppm (Tabla 47).

En el histograma de la Figura 32 se observa el desarrollo completo de la fase de minado, delimitado tanto por el estéril y por el mineral. Se aprecia el avance de la explotación en los diferentes periodos, y que en el año 7 se extraen cerca de 4.000.000 t (estéril y mineral). Esto se debe a que durante este año tiene lugar un punto de inflexión en estéril extraído, siendo mayor que en las fases iniciales. Además, en la gran mayoría de los periodos, la cantidad de material extraído supera la capacidad de la planta, por lo que debe evaluarse la posibilidad de crear un acopio que genere un uso eficiente de la planta de tratamiento.

Tabla 45. Inicio de minado en fase 4.

		Period 7
Ore		1.162.905
Waste		2.671.391
Total		3.834.296
LIC (t)		22.202
Phase	Bench	
3	300	
4	540	1
4	530	1
4	520	1
4	510	1
4	500	1
4	490	1
4	480	1
4	470	1
4	460	1
4	450	1

Tabla 46. Estructura de minado fase 4.

		Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18
Ore		1.162.905	941.718	851.072	1.061.691	1.125.321	1.104.760	1.046.230	984.102	1.038.663	979.260	1.002.978	489.815
Waste		2.671.391	2.796.859	2.843.072	2.496.910	1.821.009	1.350.426	891.948	715.725	733.415	518.284	484.750	200.806
Total		3.834.296	3.738.577	3.694.144	3.558.601	2.946.330	2.455.186	1.938.178	1.699.827	1.772.077	1.497.544	1.487.728	690.621
LIC (t)		22.202	17.065	15.471	19.415	19.406	19.128	18.699	17.982	19.254	18.398	19.361	9.520
Phase	Bench												
4	500	1											
4	490	1											
4	480	1											
4	470	1											
4	460	1											
4	450	1											
4	440		1										
4	430			1									
4	420			0,1	0,9								
4	410				0,3	0,7							
4	400					0,5	0,5						
4	390						0,6	0,4					
4	380							0,55	0,45				
4	370								0,5	0,5			
4	360									0,7	0,3		
4	350										1		
4	340											1	
4	330												1
4	320												1
4	310												1

Tabla 47. Producción total de Li_2CO_3 del proyecto.

	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Total
Ore	1.038.663	979.260	1.002.978	489.815	17.258.918
Waste	733.415	518.284	484.750	200.806	32.345.329
Total	1.772.077	1.497.544	1.487.728	690.621	49.604.247
LIC (t)	19.254	18.398	19.361	9.520	322.191

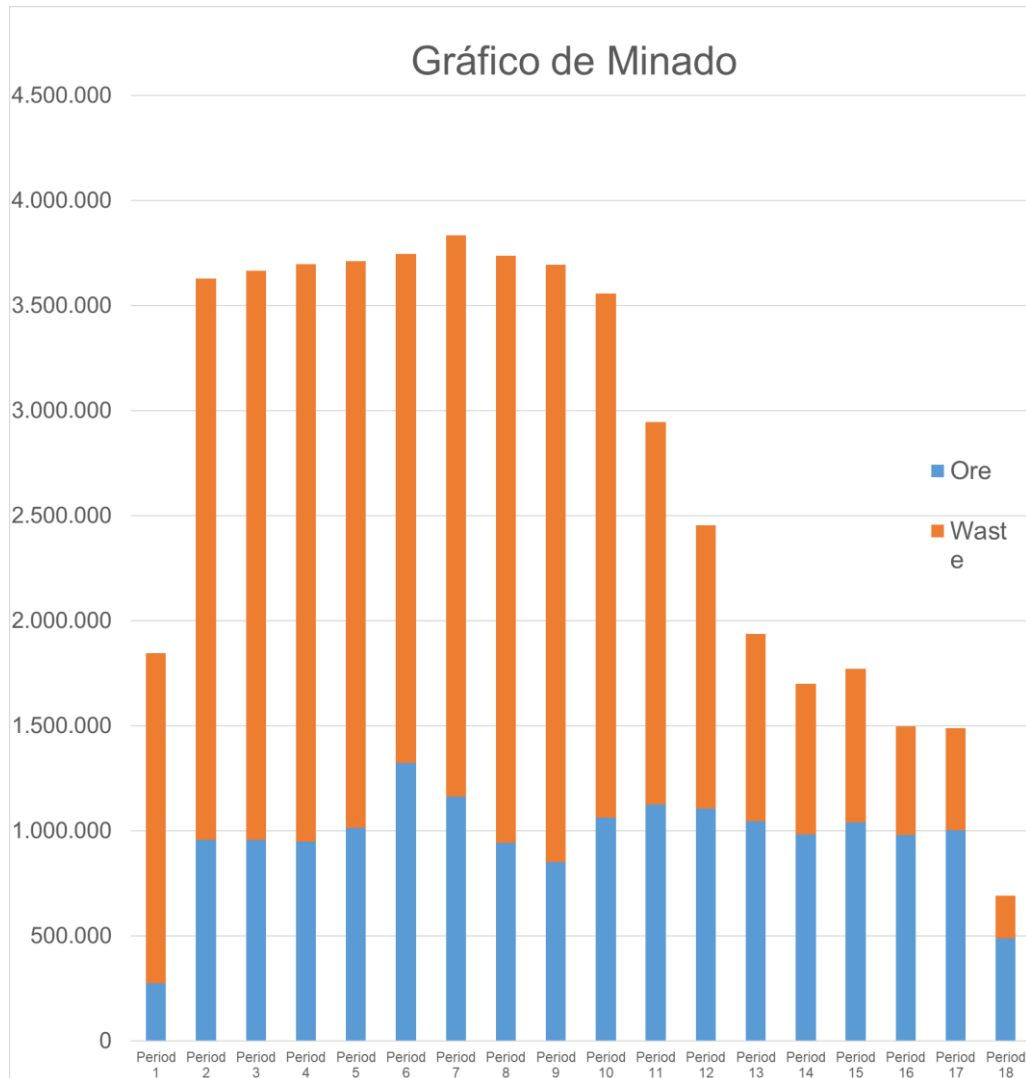


Figura 32. Evolución de minado durante las 4 fases del proyecto minero. El material extraído (ore) se representa en azul.

12.2.3. Acopio de mineral

Para calcular el acopio disponible, primeramente, se debe saber el mineral explotado (run to mine) en cada periodo de mina, y que está representado en la Figura 32. El primer año se

extraen 273.921 t de mineral, que es transportado directamente a la planta de tratamiento. En el año 2 se extraen 956.265 t de mineral, es decir, 6.265 t más de lo que la planta puede procesar al año, y es aquí donde se debe generar el primer acopio (to stock pile) (Tabla 48).

Tabla 48. Stock de mineral periodo 2.

	Period 1	Period 2
Run of Mine (t)	273.921	956.265
Ore to Plant (t)	273.921	950.000
To Stock Pile (t)	-	6.265
Stock Pile (t)	-	-
Accumulated stock pile (t)	-	6.265

El periodo 3 cuenta con 956.522 t de mineral, que se traduce en un exceso de 6.522 t, acumulando un total de 12.787 t entre los periodos 2 y 3. En el año 4 se extrae una menor cantidad de mineral, y es necesario destinar 1.973 t de las reservas para complementar las 948.027 t del año en cuestión, disminuyendo el total acumulado respecto al periodo 3 (Tabla 49).

Tabla 49. Stock acopio periodo 4.

	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4
Run of Mine (t)	273.921	956.265	956.522	948.027
Ore to Plant (t)	273.921	950.000	950.000	950.000
To Stock Pile (t)	-	6.265	6.522	-
Stock Pile (t)	-	-	-	1.973
Accumulated stock pile (t)	-	6.265	12.787	10.815

Debido a que la cantidad de mineral acumulado va en aumento hasta el último año de vida de mina (periodo 18), la planta de tratamiento trabajará hasta el periodo 20 para agotar las reservas del acopio. En ese momento el total de mineral acumulado está en torno a 11.710.625 t con un stock en el acopio de 1.404.365 t (Tabla 50).

Tabla 50. Stock acumulado hasta el último año de mina.

	Total	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Period 19
Run of Mine (t)	17.060.553	273.921	956.265	956.522	948.027	1.013.999	1.321.669	1.162.905	941.718	851.072	914.160	1.074.488	1.104.760	1.046.230	984.102	1.038.663	979.260	1.002.978	489.815	-
Ore to Plant (t)	17.373.921	273.921	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000
To Stock Pile (t)	1.241.841	-	6.265	6.522	-	63.999	371.669	212.905	-	-	-	124.488	154.760	96.230	34.102	88.663	29.260	52.978	-	-
Stock Pile (t)	1.241.841	-	-	-	1.973	-	-	-	8.282	98.928	35.840	-	-	-	-	-	-	-	460.185	636.632
Accumulated stock pile (t)	9.976.178	-	6.265	12.787	10.815	74.814	446.483	659.387	651.105	552.177	516.337	640.824	795.584	891.815	925.916	1.014.579	1.043.839	1.096.817	636.632	-

12.2.4. Evaluación de la ley de mineral para 2.900 ppm

En este apartado se resolverá la clasificación de la ley (alta ley o baja ley) que se encontrará en las diversas etapas del proceso minero, es decir, el mineral que vendrá desde la explotación y/o desde el acopio y el que él irá directamente a la planta de tratamiento. Este segundo estudio ha sido realizado con la misma metodología que para el caso anterior (2.300 ppm). Para ello, se empleó una matriz que cruza el banco minado con el volumen de material extraído, permitiendo clasificar el mineral como de alta o baja ley.

12.2.4.1. Clasificación de mineral (2.900 ppm)

La aplicación de una ley de cote de 2.900 ppm permite establecer un umbral más estricto para determinar qué material será considerado como mineral útil dentro del plan minero. Este análisis busca identificar las zonas del yacimiento que cumplan con una ley considerable y que, por tanto, será priorizado para el envío directo a planta.

Durante las primeras etapas del proyecto, particularmente en el primer año, no se extrae mineral desde los bancos superiores (540 y 530) con una ley de 2.900 ppm, ya que las leyes requeridas solo se alcanzan en niveles más profundos, a partir de la cota 520. Esta situación se refleja en la tabla 51 y siguientes.

Tabla 51. Volúmenes, toneladas, contenido de mineral y Li ₂ CO ₃ para ley de 2.900 ppm.																				
Volume	Brench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Total
	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	530	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	520	10.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.000
	510	92.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92.500
	500	-	147.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	147.500
	490	-	159.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	159.000
	480	-	41.875	125.625	-	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	168.000
	470	-	-	201.000	-	5.500	28.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	235.000
	460	-	-	19.500	175.500	21.600	117.400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	334.000
	450	-	-	-	163.625	28.875	148.500	120.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	461.000
	440	-	-	-	-	195.000	-	139.950	160.550	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	495.500
	430	-	-	-	-	110.100	73.400	-	153.500	152.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	489.500
	420	-	-	-	-	-	112.400	28.100	31.650	94.500	185.850	-	-	-	-	-	-	-	-	452.500
	410	-	-	-	-	-	-	92.500	-	63.500	93.150	217.350	-	-	-	-	-	-	-	466.500
	400	-	-	-	-	-	-	41.500	-	-	54.000	174.500	174.500	-	-	-	-	-	-	444.500
	390	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51.000	-	228.000	152.000	-	-	-	-	-	431.000
	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.050	18.450	-	228.800	187.200	-	-	-	-	436.500
	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	170.750	170.750	-	-	-	341.500
	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	206.850	88.650	-	-	295.500
	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	267.000	-	-	267.000
	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200.500	-	200.500
	330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	163.500	-	163.500
	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98.000	98.000
	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79.000	79.000
	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	102.500	348.375	346.125	339.125	361.075	480.700	422.050	345.700	310.500	386.050	410.300	402.500	380.800	357.950	377.600	355.650	364.000	177.000	6.268.000
Tonnes	Brench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Total
	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	530	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	520	25.776	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.776
	510	248.146	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	248.146
	500	-	403.116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	403.116
	490	-	437.475	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	437.475
	480	-	115.675	347.024	-	-	1.344	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	464.043
	470	-	-	555.036	-	14.026	77.398	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	646.460
	460	-	-	54.462	490.157	57.896	315.457	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	917.972
	450	-	-	-	457.870	80.801	401.001	325.357	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.265.028
	440	-	-	-	-	549.570	-	378.662	438.281	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.366.512
	430	-	-	-	-	311.706	207.804	-	417.111	417.829	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.354.450
	420	-	-	-	-	-	318.666	79.666	86.327	257.976	508.930	-	-	-	-	-	-	-	-	1.251.566
	410	-	-	-	-	-	-	262.086	-	175.266	255.396	595.924	-	-	-	-	-	-	-	1.288.672
	400	-	-	-	-	-	-	117.133	-	-	149.833	478.564	478.564	-	-	-	-	-	-	1.224.095
	390	-	-	-	-	-	-	-	-	-	141.883	-	626.196	417.464	-	-	-	-	-	1.185.543
	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.648	50.833	-	628.767	514.445	-	-	-	-	1.199.693
	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	469.657	469.657	-	-	-	939.313
	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	569.006	243.860	-	-	812.866
	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	735.400	-	-	735.400
	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	551.776	-	551.776
	330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	451.202	-	451.202
	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	271.400	271.400
	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	218.415	218.415
	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	273.921	956.265	956.522	948.027	1.013.999	1.321.669	1.162.905	941.718	851.072	1.061.691	1.125.321	1.104.760	1.046.230	984.102	1.038.663	979.260	1.002.978	489.815	17.258.918
Li	Brench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Total
	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	530	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	520	92.494.109	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92.494.109
	510	912.082.715	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	912.082.715
	500	-	1.493.672.747	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.493.672.747
	490	-	1.622.211.233	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.622.211.233
	480	-	414.479.791	1.243.439.374	-	-	4.254.110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.662.173.276

	470	-	-	1.942.541.764	-	49.744.148	248.559.852	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.240.845.765
	460	-	-	202.958.405	1.826.625.645	218.663.309	1.036.139.631	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.284.386.990
	450	-	-	-	1.712.743.457	302.248.845	1.279.236.719	1.150.559.577	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.444.788.598
	440	-	-	-	-	2.130.740.376	-	1.224.770.516	1.527.053.470	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.882.564.362
	430	-	-	-	-	1.218.472.055	812.314.703	-	1.393.360.909	1.466.991.756	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.891.139.423
	420	-	-	-	-	-	1.215.428.980	303.857.245	287.353.759	860.897.612	1.713.649.578	-	-	-	-	-	-	-	-	4.381.187.173
	410	-	-	-	-	-	-	1.038.837.135	-	580.269.182	817.014.841	1.906.367.963	-	-	-	-	-	-	-	4.342.489.121
	400	-	-	-	-	-	-	455.344.596	-	-	548.339.379	1.539.155.670	1.539.155.670	-	-	-	-	-	-	4.081.995.315
	390	-	-	-	-	-	-	-	-	-	547.952.084	-	2.056.266.554	1.370.844.369	-	-	-	-	-	3.975.063.007
	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.474.363	202.269.267	-	2.144.067.521	1.754.237.063	-	-	-	-	4.123.048.214
	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.625.778.557	1.625.778.557	-	-	-	3.251.557.115
	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.993.412.672	854.319.717	-	-	2.847.732.389
	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.603.961.566	-	-	2.603.961.566
	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.997.127.615	-	1.997.127.615
	330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.642.157.469	-	1.642.157.469
	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.009.983.750	1.009.983.750
	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	779.510.362	779.510.362
	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	1.004.576.824	3.530.363.772	3.388.939.543	3.539.369.101	3.919.868.734	4.595.933.995	4.173.369.068	3.207.768.138	2.908.158.550	3.649.430.245	3.647.792.900	3.595.422.224	3.514.911.890	3.380.015.620	3.619.191.230	3.458.281.283	3.639.285.084	1.789.494.112	60.562.172.314
LIC(t)		5.344	18.782	18.029	18.829	20.854	24.450	22.202	17.065	15.471	19.415	19.406	19.128	18.699	17.982	19.254	18.398	19.361	9.520	322.191

- Clasificación de mineral alta ley (>3.000 ppm)

Tabla 52. Volúmenes, toneladas, contenido de mineral y Li2CO3 de alta ley (mayor a 3.000 ppm).

Volume	Brench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Total
	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	530	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	520	9.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.500
	510	89.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	89.500
	500	-	137.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	137.500
	490	-	151.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	151.500
	480	-	39.125	117.375	-	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	157.000
	470	-	-	184.500	-	5.000	21.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	211.000
	460	-	-	18.650	167.850	20.400	95.600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	302.500
	450	-	-	-	156.825	27.675	121.500	108.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	414.500
	440	-	-	-	-	184.000	-	116.100	145.400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	445.500
	430	-	-	-	-	107.100	71.400	-	143.500	138.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	460.500
	420	-	-	-	-	-	105.200	26.300	27.750	81.000	146.250	-	-	-	-	-	-	-	-	386.500
	410	-	-	-	-	-	-	92.500	-	52.000	67.950	158.550	-	-	-	-	-	-	-	371.000
	400	-	-	-	-	-	-	37.500	-	-	49.500	136.250	136.250	-	-	-	-	-	-	359.500
	390	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45.500	-	190.200	126.800	-	-	-	-	-	362.500
	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.850	16.650	-	202.125	165.375	-	-	-	-	386.000
	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	163.500	163.500	-	-	-	327.000
	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	182.350	78.150	-	-	260.500
	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	259.000	-	-	259.000
	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	171.000	-	171.000
	330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	161.500	-	161.500
	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97.000	97.000
	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78.000	78.000
	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	99.000	328.125	320.525	324.675	344.175	415.700	380.900	316.650	271.500	311.050	311.450	326.450	328.925	328.875	345.850	337.150	332.500	175.000	5.598.500
Tonnes	Brench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Total
	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	530	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	520	24.776	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.776
	510	240.769	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	240.769
	500	-	376.114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	376.114
	490	-	417.622	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	417.622
	480	-	108.017	324.051	-	-	1.344	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	433.412

	470	-	-	510.960	-	13.197	58.359	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	582.515
	460	-	-	52.110	468.991	54.932	257.572	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	833.605
	450	-	-	-	439.388	77.539	328.400	294.481	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.139.808
	440	-	-	-	-	518.725	-	314.027	397.278	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.230.030
	430	-	-	-	-	303.324	202.216	-	390.443	379.539	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.275.522
	420	-	-	-	-	-	298.347	74.587	75.792	221.377	400.768	-	-	-	-	-	-	-	-	1.070.870
	410	-	-	-	-	-	-	262.086	-	143.615	186.360	434.840	-	-	-	-	-	-	-	1.026.900
	400	-	-	-	-	-	-	105.790	-	-	137.554	373.660	373.660	-	-	-	-	-	-	990.665
	390	-	-	-	-	-	-	-	-	-	126.457	-	522.430	348.287	-	-	-	-	-	997.174
	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.090	45.807	-	555.328	454.360	-	-	-	-	1.060.584
	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	449.806	449.806	-	-	-	899.611
	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	501.238	214.816	-	-	716.054
	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	713.357	-	-	713.357
	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	470.122	-	470.122
	330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	445.709	-	445.709
	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	268.651	268.651
	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	215.662	215.662
	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	265.544	901.753	887.120	908.379	967.717	1.146.237	1.050.970	863.512	744.531	856.229	854.306	896.090	903.615	904.165	951.043	928.173	915.831	484.313	15.429.532

Li	Brenck	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Total
	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	530	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	520	89.537.503	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	89.537.503
	510	890.348.746	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	890.348.746
	500	-	1.414.058.090	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.414.058.090
	490	-	1.563.751.061	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.563.751.061
	480	-	391.906.452	1.175.719.356	-	-	4.254.110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.571.879.919
	470	-	-	1.813.047.219	-	47.257.472	192.483.620	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.052.788.312
	460	-	-	196.011.908	1.764.107.174	209.922.300	865.307.261	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.035.348.643
	450	-	-	-	1.658.300.338	292.641.236	1.065.269.755	1.059.856.965	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.076.068.294
	440	-	-	-	-	2.039.589.718	-	1.034.696.812	1.406.712.732	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.480.999.262
	430	-	-	-	-	1.193.621.833	795.747.889	-	1.315.214.393	1.354.623.787	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.659.207.901
	420	-	-	-	-	-	1.155.085.266	288.771.316	256.373.692	753.355.941	1.396.355.927	-	-	-	-	-	-	-	-	3.849.942.143
	410	-	-	-	-	-	-	1.038.837.135	-	486.519.814	614.181.445	1.433.090.038	-	-	-	-	-	-	-	3.572.628.432
	400	-	-	-	-	-	-	421.922.422	-	-	512.483.201	1.229.025.277	1.229.025.277	-	-	-	-	-	-	3.392.456.176
	390	-	-	-	-	-	-	-	-	-	502.686.223	-	1.749.964.066	1.166.642.711	-	-	-	-	-	3.419.293.000
	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.823.156	187.408.403	-	1.928.097.063	1.577.533.960	-	-	-	-	3.713.862.582
	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.567.492.064	1.567.492.064	-	-	-	3.134.984.128
	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.793.298.715	768.556.592	-	-	2.561.855.307
	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.538.711.347	-	-	2.538.711.347
	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.755.299.295	-	1.755.299.295
	330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.625.940.066	-	1.625.940.066
	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.001.781.041	1.001.781.041
	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	771.271.977	771.271.977
	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	979.886.249	3.369.715.603	3.184.778.484	3.422.407.512	3.783.032.560	4.078.147.901	3.844.084.650	2.978.300.817	2.594.499.542	3.046.529.952	2.849.523.718	2.978.989.343	3.094.739.773	3.145.026.025	3.360.790.779	3.307.267.939	3.381.239.361	1.773.053.018	55.172.013.224
LIC(t)		5.213	17.927	16.943	18.207	20.126	21.696	20.451	15.845	13.803	16.208	15.159	15.848	16.464	16.732	17.879	17.595	17.988	9.433	293.515

- Clasificación de mineral de baja ley (<3.000-2.900 ppm)

Tabla 53. Volúmenes, toneladas, contenido de mineral y Li₂CO₃ de baja ley (menor a 3.000 ppm).

Volume	Brench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Total
	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	530	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	520	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500
	510	3.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.000
	500	-	10.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.000
	490	-	7.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.500
	480	-	2.750	8.250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.000
	470	-	-	16.500	-	500	7.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.000
	460	-	-	850	7.650	1.200	21.800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31.500
	450	-	-	-	6.800	1.200	27.000	11.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46.500
	440	-	-	-	-	11.000	-	23.850	15.150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50.000
	430	-	-	-	-	3.000	2.000	-	10.000	14.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.000
	420	-	-	-	-	-	7.200	1.800	3.900	13.500	39.600	-	-	-	-	-	-	-	-	66.000
	410	-	-	-	-	-	-	-	-	11.500	25.200	58.800	-	-	-	-	-	-	-	95.500
	400	-	-	-	-	-	-	4.000	-	-	4.500	38.250	38.250	-	-	-	-	-	-	85.000
	390	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.500	-	37.800	25.200	-	-	-	-	-	68.500
	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200	1.800	-	26.675	21.825	-	-	-	-	50.500
	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.250	7.250	-	-	-	14.500
	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.500	10.500	-	-	35.000
	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.000	-	-	8.000
	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.500	-	29.500
	330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.000	-	2.000
	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	1.000
	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	1.000
	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	3.500	20.250	25.600	14.450	16.900	65.000	41.150	29.050	39.000	75.000	98.850	76.050	51.875	29.075	31.750	18.500	31.500	2.000	669.500

Tonnes	Brench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Total
	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	530	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	520	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000
	510	7.377	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.377
	500	-	27.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.001
	490	-	19.853	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.853
	480	-	7.658	22.974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.631
	470	-	-	44.076	-	829	19.039	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63.945
	460	-	-	2.352	21.167	2.964	57.885	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84.368
	450	-	-	-	18.482	3.261	72.601	30.876	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	125.220
	440	-	-	-	-	30.845	-	64.635	41.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	136.482
	430	-	-	-	-	8.382	5.588	-	26.668	38.290	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78.928
	420	-	-	-	-	-	20.319	5.080	10.535	36.599	108.162	-	-	-	-	-	-	-	-	180.695
	410	-	-	-	-	-	-	-	-	31.651	69.036	161.084	-	-	-	-	-	-	-	261.771
	400	-	-	-	-	-	-	11.343	-	-	12.279	104.904	104.904	-	-	-	-	-	-	233.430
	390	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.426	-	103.766	69.177	-	-	-	-	-	188.368
	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	559	5.027	-	73.438	60.086	-	-	-	-	139.109
	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.851	19.851	-	-	-	39.702
	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67.769	29.044	-	-	96.813
	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.044	-	-	22.044
	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	81.654	-	81.654
	330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.493	-	5.493
	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.749	2.749
	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.753	2.753
	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	8.377	54.512	69.402	39.648	46.282	175.432	111.934	78.206	106.540	205.461	271.015	208.669	142.615	79.937	87.620	51.087	87.147	5.502	1.829.386

Li	Brench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Total
	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	530	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	520	2.956.606	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.956.606
	510	21.733.969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.733.969
500	-	79.614.658	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79.614.658

	490	-	58.460.173	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58.460.173
	480	-	22.573.339	67.720.018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90.293.357
	470	-	-	129.494.545	-	2.486.676	56.076.231	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	188.057.453
	460	-	-	6.946.497	62.518.471	8.741.009	170.832.370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	249.038.347
	450	-	-	-	54.443.119	9.607.609	213.966.964	90.702.612	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	368.720.304
	440	-	-	-	-	91.150.659	-	190.073.703	120.340.738	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	401.565.100
	430	-	-	-	-	24.850.222	16.566.815	-	78.146.516	112.367.969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	231.931.522
	420	-	-	-	-	-	60.343.714	15.085.928	30.980.066	107.541.671	317.293.652	-	-	-	-	-	-	-	-	531.245.031
	410	-	-	-	-	-	-	-	-	93.749.368	202.833.396	473.277.925	-	-	-	-	-	-	-	769.860.689
	400	-	-	-	-	-	-	33.422.174	-	-	35.856.178	310.130.394	310.130.394	-	-	-	-	-	-	689.539.139
	390	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45.265.860	-	306.302.488	204.201.659	-	-	-	-	-	555.770.007
	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.651.207	14.860.864	-	215.970.458	176.703.102	-	-	-	-	409.185.632
	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58.286.493	58.286.493	-	-	-	116.572.986
	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200.113.957	85.763.125	-	-	285.877.082
	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65.250.220	-	-	65.250.220
	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	241.828.320	-	241.828.320
	330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.217.403	-	16.217.403
	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.202.709	8.202.709
	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.238.385	8.238.385
	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	24.690.575	160.648.170	204.161.059	116.961.590	136.836.175	517.786.094	329.284.418	229.467.320	313.659.008	602.900.293	798.269.182	616.432.881	420.172.117	234.989.595	258.400.450	151.013.344	258.045.723	16.441.094	5.390.159.090	
LIC(t)	131	855	1.086	622	728	2.755	1.752	1.221	1.669	3.207	4.247	3.279	2.235	1.250	1.375	803	1.373	87	28.676	

12.2.4.2. Clasificación de estéril de mina (<2.900 ppm)

Una parte considerable del material extraído de la mina no alcanza el umbral mínimo para ser procesado (2.900 ppm). Esta categoría adquiere relevancia al definir los volúmenes que deben ser excluidos del circuito productivo y destinados fuera de la mina.

En este subapartado se analiza cómo se distribuye el estéril en los bancos del yacimiento, permitiendo identificar las áreas con baja concentración de mineral. La información presentada en la tabla 54 facilita la toma de decisiones respecto al desarrollo del diseño, programación de movimiento de material.

Tabla 54. Volúmenes, toneladas y contenido de Li en estéril.

Volume	Brench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Total
	540	26.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.500
	530	128.000	8.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	136.000
	520	230.000	46.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	276.000
	510	278.500	115.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	394.000
	500	-	411.750	98.250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	510.000
	490	-	381.500	149.250	149.250	-	4.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	684.000
	480	-	113.000	339.000	401.500	-	39.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	892.500
	470	-	-	428.500	-	487.000	137.500	1.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.054.500
	460	-	-	33.150	298.350	323.100	479.900	36.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.171.000
	450	-	-	-	196.350	34.650	272.700	727.800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.231.500
	440	-	-	-	-	139.500	-	240.750	770.250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.150.500
	430	-	-	-	-	39.300	26.200	-	214.500	708.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	988.500
	420	-	-	-	-	-	30.800	7.700	50.550	184.750	601.200	-	-	-	-	-	-	-	-	875.000
	410	-	-	-	-	-	-	10.500	-	150.500	164.400	383.600	-	-	-	-	-	-	-	709.000
	400	-	-	-	-	-	-	5.000	-	-	85.000	248.750	248.750	-	-	-	-	-	-	587.500
	390	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	245.400	163.600	-	-	-	-	-	409.000
	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	163.075	133.425	-	-	-	-	296.500
	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	128.500	128.500	-	-	-	257.000
	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	139.300	59.700	-	-	199.000
	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	129.000	-	-	129.000
	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	109.000	-	109.000
	330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66.500	-	66.500
	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56.500	56.500
	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.000	16.000
	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	663.000	1.075.750	1.048.150	1.045.450	1.023.550	990.100	1.029.750	1.035.300	1.043.750	850.600	632.350	494.150	326.675	261.925	267.800	188.700	175.500	72.500	12.225.000

Tonnes	Brench	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Total
	540	38.152	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.152
	530	286.145	12.354	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	298.499
	520	553.567	91.974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	645.540
	510	692.964	261.844	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	954.808
	500	-	1.032.347	232.438	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.264.785

	490	-	980.259	368.840	368.840	-	6.610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.724.548
	480	-	292.835	878.505	1.023.767	-	78.635	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.273.742
	470	-	-	1.137.662	-	1.264.453	294.327	1.604	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.698.047
	460	-	-	90.612	815.506	844.198	1.187.704	79.810	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.017.830
	450	-	-	-	541.449	95.550	697.816	1.881.994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.216.810
	440	-	-	-	-	385.115	-	643.679	2.088.456	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.117.250
	430	-	-	-	-	108.472	72.315	-	573.029	1.939.515	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.693.330
	420	-	-	-	-	-	85.479	21.370	135.375	498.836	1.646.643	-	-	-	-	-	-	-	-	2.387.703
	410	-	-	-	-	-	-	28.908	-	404.722	450.298	1.050.694	-	-	-	-	-	-	-	1.934.621
	400	-	-	-	-	-	-	14.027	-	-	230.412	680.165	680.165	-	-	-	-	-	-	1.604.769
	390	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	670.261	446.840	-	-	-	-	-	1.117.101
	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	445.107	364.179	-	-	-	-	809.286
	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	351.546	351.546	-	-	-	703.092
	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	381.869	163.658	-	-	545.527
	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	354.626	-	-	354.626
	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300.622	-	300.622
	330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	184.128	-	184.128
	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	271.400	271.400
	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	218.415	218.415
	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total		1.570.828	2.671.612	2.708.057	2.749.562	2.697.788	2.422.887	2.671.391	2.796.859	2.843.072	2.327.352	1.730.860	1.350.426	891.948	715.725	733.415	518.284	484.750	489.815	32.374.631

Li	Brenck	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Total
	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	530	552.259	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	552.259
	520	261.761.282	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	261.761.282
	510	644.395.213	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	644.395.213
	500	-	958.787.146	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	958.787.146
	490	-	1.513.270.803	-	-	-	831.815	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.514.102.619
	480	-	493.296.025	1.479.888.074	7.945.141	-	105.776.847	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.086.906.086
	470	-	-	1.977.455.212	-	133.773.114	526.650.266	2.924.787	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.640.803.379
	460	-	-	161.124.325	1.450.118.925	215.144.177	1.435.679.002	157.313.675	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.419.380.103
	450	-	-	-	1.054.123.539	186.021.801	1.414.958.556	1.552.270.796	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.207.374.692
	440	-	-	-	-	891.834.980	-	1.362.513.332	2.383.891.654	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.638.239.966

	430	-	-	-	-	249.787.477	166.524.985	-	1.243.719.912	2.767.658.750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.427.691.123
	420	-	-	-	-	-	210.311.266	52.577.817	298.854.091	1.017.336.754	2.880.094.875	-	-	-	-	-	-	-	-	4.459.174.803
	410	-	-	-	-	-	-	74.806.026	-	895.796.997	885.221.519	2.065.516.878	-	-	-	-	-	-	-	3.921.341.420
	400	-	-	-	-	-	-	39.149.170	-	-	505.258.519	1.481.902.568	1.481.902.568	-	-	-	-	-	-	3.508.212.825
	390	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.490.813.507	993.875.671	-	-	-	-	-	2.484.689.178
	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.023.050.488	837.041.309	-	-	-	-	1.860.091.797
	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	807.667.772	807.667.772	-	-	-	1.615.335.544
	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	899.145.449	385.348.049	-	-	1.284.493.498
	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	855.960.570	-	-	855.960.570
	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	754.058.403	-	754.058.403
	330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	486.067.863	-	486.067.863
	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	414.004.012	414.004.012
	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	118.509.707	118.509.707
	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total		906.708.754	2.965.353.974	3.618.467.611	2.512.187.605	1.676.561.549	3.860.732.736	3.241.555.602	3.926.465.656	4.680.792.500	4.270.574.914	3.547.419.445	2.972.716.075	2.016.926.160	1.644.709.081	1.706.813.221	1.241.308.619	1.240.126.265	532.513.719	46.561.933.487

Finalmente, tras los cálculos y descripciones anteriores basadas en mineral de baja ley y alta ley (2.900 y 3.000 ppm), se elaboró una gráfica resumen de las leyes para cada periodo del segundo caso de estudio. En ella se incluyeron factores de corrección, como el de mina a planta (from pit to plant factor) y acopio a planta (from stock to plant factor), los cuales fueron estimados en función del procesamiento máximo de la planta y del material que le llega (Tabla 55).

Tabla 55. Stock de material minado.

From pit	Tonnes	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Period 19	Period 20	Total	
	HG	265.544	901.753	887.120	908.379	967.717	1.146.237	1.050.970	863.512	744.531	856.229	854.306	896.090	903.615	904.165	951.043	928.173	915.831	484.313	-	-	15.429.532	
	LG	8.377	54.512	69.402	39.648	46.282	175.432	111.934	78.206	106.540	205.461	271.015	208.669	142.615	79.937	87.620	51.087	87.147	5.502	-	-	1.829.386	
	Total	273.921	956.265	956.522	948.027	1.013.999	1.321.669	1.162.905	941.718	851.072	1.061.691	1.125.321	1.104.760	1.046.230	984.102	1.038.663	979.260	1.002.978	489.815	-	-	17.258.918	
	Li																						
	HG	5.213	17.927	16.943	18.207	20.126	21.696	20.451	15.845	13.803	16.208	15.159	15.848	16.464	16.732	17.879	17.595	17.988	9.433	-	-	293.515	
	LG	131	855	1.086	622	728	2.755	1.752	1.221	1.669	3.207	4.247	3.279	2.235	1.250	1.375	803	1.373	87	-	-	28.676	
	Total	5.344	18.782	18.029	18.829	20.854	24.450	22.202	17.065	15.471	19.415	19.406	19.128	18.699	17.982	19.254	18.398	19.361	9.520	-	-	322.191	
		Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Period 19	Period 20		
From pit to plant factor	HG	-	0,26	0,99	1,00	0,94	0,72	0,82	1,00	1,00	0,89	0,84	0,86	0,91	0,97	0,91	0,97	0,95	1,00	1,00	1,00		
	LG	-	0,99	0,99	1,00	0,94	0,72	0,82	1,00	1,00	0,89	0,84	0,86	0,91	0,97	0,91	0,97	0,95	1,00	1,00	1,00		
From pit to plant	Tonnes	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Period 19	Period 20	Total	
	HG	-	235.749	881.072	908.379	906.639	823.902	858.559	863.512	744.531	766.153	721.209	770.562	820.502	872.833	869.860	900.439	867.456	484.313	-	-	13.295.670	
	LG	-	54.155	68.928	39.648	43.361	126.098	91.441	78.206	106.540	183.847	228.791	179.438	129.498	77.167	80.140	49.561	82.544	5.502	-	-	1.624.865	
	Total	-	289.904	950.000	948.027	950.000	950.000	950.000	941.718	851.072	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	489.815	-	-	14.920.536
	Li																						
	HG	-	4.687	16.827	18.207	18.855	15.595	16.706	15.845	13.803	14.502	12.798	13.628	14.950	16.152	16.353	17.069	17.038	9.433	-	-	252.448	
	LG	-	849	1.079	622	682	1.980	1.431	1.221	1.669	2.870	3.585	2.820	2.030	1.207	1.257	779	1.300	87	-	-	25.469	
	Total	-	5.536	17.906	18.829	19.538	17.575	18.138	17.065	15.471	17.372	16.383	16.448	16.979	17.359	17.611	17.848	18.338	9.520	-	-	277.917	
From pit to stock	Tonnes	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Period 19	Period 20	Total	
	HG	265.544	666.005	6.049	-	61.078	322.336	192.412	-	-	90.076	133.098	125.528	83.113	31.332	81.183	27.734	48.375	-	-	-	2.133.862	
	LG	8.377	357	473	-	2.921	49.334	20.493	-	-	21.615	42.223	29.231	13.117	2.770	7.479	1.526	4.603	-	-	-	204.521	
	Total	273.921	666.362	6.522	-	63.999	371.669	212.905	-	-	111.691	175.321	154.760	96.230	34.102	88.663	29.260	52.978	-	-	-	2.338.382	
	Li																						
	HG	5.213	13.240	116	-	1.270	6.101	3.744	-	-	1.705	2.362	2.220	1.514	580	1.526	526	950	-	-	-	41.067	
	LG	131	6	7	-	46	775	321	-	-	337	662	459	206	43	117	24	73	-	-	-	3.207	
	Total	5.344	13.246	123	-	1.316	6.876	4.065	-	-	2.042	3.023	2.679	1.720	623	1.644	550	1.023	-	-	-	44.274	
		Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Period 19	Period 20		
From stock to plant factor	HG	-	-	-	0,00	-	-	-	0,01	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	0,21	0,54	1,00		
	LG	-	-	-	0,00	-	-	-	0,01	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	0,21	0,54	1,00		
From stock to plant	Tonnes	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Period 19	Period 20	Total	
	HG	-	-	-	1.953	-	-	-	7.856	93.841	-	-	-	-	-	-	-	-	419.107	865.199	745.905	1.387.957	
	LG	-	-	-	19	-	-	-	426	5.087	-	-	-	-	-	-	-	-	41.078	84.801	73.109	131.412	
	Total	-	-	-	1.973	-	-	-	8.282	98.928	-	-	-	-	-	-	-	-	460.185	950.000	819.014	1.519.368	
	Li																						
	HG	-	-	-	39	-	-	-	154	1.841	-	-	-	-	-	-	-	-	8.058	16.635	14.341	26.726	
	LG	-	-	-	0	-	-	-	7	80	-	-	-	-	-	-	-	-	644	1.330	1.146	2.061	
	Total	-	-	-	39	-	-	-	161	1.920	-	-	-	-	-	-	-	-	8.702	17.964	15.488	28.787	
To plant	Tonnes	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Period 19	Period 20	Total	
	HG	-	235.749	881.072	910.333	906.639	823.902	858.559	871.369	838.373	766.153	721.209	770.562	820.502	872.833	869.860	900.439	867.456	903.420	865.199	745.905	14.683.627	
	LG	-	54.155	68.928	39.667	43.361	126.098	91.441	78.631	111.627	183.847	228.791	179.438	129.498	77.167	80.140	49.561	82.544	46.580	84.801	73.109	1.756.277	
	Total	-	289.904	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	950.000	819.014	16.439.904	
	Li																						
	HG	-	4.687	16.827	18.246	18.855	15.595	16.706	15.999	15.643	14.502	12.798	13.628	14.950	16.152	16.353	17.069	17.038	17.491	16.635	14.341	279.174	
	LG	-	849	1.079	623	682	1.980	1.431	1.227	1.748	2.870	3.585	2.820	2.030	1.207	1.257	779	1.300	732	1.330	1.146	27.529	
	Total	-	5.536	17.906	18.868	19.538	17.575	18.138	17.226	17.392	17.372	16.383	16.448	16.979	17.359	17.611	17.848	18.338	18.222	17.964	15.488	306.703	
	Total rec	-	3.106	10.045	10.585	10.961	9.859	10.175	9.664	9.757	9.746	9.191	9.227	9.525	9.738	9.880	10.013	10.288	10.223	10.078	8.689	172.061	
In stock	Tonnes	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10	Period 11	Period 12	Period 13	Period 14	Period 15	Period 16	Period 17	Period 18	Period 19	Period 20	Total	
	HG	265.544	931.549	937.597	935.644	996.722	1.319.058	1.511.469	1.503.613	1.409.772	1.499.848	1.632.946	1.758.474	1.841.587	1.872.919	1.954.102	1.981.836	2.030.211	1.611.104	745.905	-	1.491.810	
	LG	8.377	8.734	9.207	9.188	12.109	61.443	81.936	81.510	76.423	98.037	140.261	169.492	182.609	185.379	192.859	194.385	198.988	1575				

13. PRESUPUESTO

El modelo económico considera los gastos de operación generados por los movimientos de material (mineral y estéril), ley de mineral, ley de cabeza y producción anual de Li_2CO_3 . La ley del mineral influye en los costos operacionales, ya que determina la cantidad de recurso aprovechable por tonelada extraída, afectando la eficiencia del proceso y el consumo de insumos por unidad de producto final. Dado que los resultados de los movimientos de mina ya han sido descritos con anterioridad, esta sección se centrará en la propia inversión y en los gastos de operación anual que tendrá la explotación.

13.1. CApital EXpenditure (CAPEX)

La inversión inicial del proyecto incluye los costos asociados a la mina, planta de procesamiento y las instalaciones necesarias para la operación. Estos se agrupan bajo la denominación de CAPEX (CApital EXpenditure), que corresponde al gasto de capital requerido para poner en marcha el proyecto y que se desglosa en:

- Mina: considera todos los elementos necesarios para que la mina pueda operar (p.e.: instalaciones de bombeo, desmonte inicial, accesos a la mina, servicios de la mina, escombrera, etc.).
- Planta: considera los elementos necesarios para que la planta de proceso pueda funcionar (p.e.: la obra civil de la planta, suministro e instalación de los equipos, instalaciones auxiliares, sistema eléctrico de la planta, servicios de la planta, etc.).
- General y Administrativo: considera los costos no atribuibles exclusivamente a la mina o a la planta (p.e.: compra de terrenos accesos, aparcamientos, garita, oficinas, laboratorio, taller, depósito de gasoil, servicio médico, vallado, línea eléctrica, línea de gas, suministro de agua, etc.). Los costos en M€ están en base al año cero y primer año de operación.

13.1.1 CAPEX general y de administración (G&A CAPEX)

En el caso del G&A CAPEX (Tabla 56) se ha considerado el mismo en ambos escenarios, ya que los servicios son comunes y no varían en función de que la ley de corte sea menor.

La inversión general se evalúa en base a que el CAPEX total por el 100% del G&A CAPEX, es decir, el total de los costos administrativos y del capital son invertidos en los primeros años.

Tabla 56. CAPEX general.

Área	Cost (€M) Yr 0	Cost (€M) Yr 1	Total
Compra de terrenos	5.50	-	5.50
Acceso	1.00	-	1.00
Garita	0.05	-	0.05
Aparcamiento	0.10	-	0.10
Oficinas	0.50	-	0.50
Laboratorio	-	0.10	0.10
Taller	-	0.80	0.80
Depósito gasoil	-	0.10	0.10
Servicio médico	-	0.10	0.10
Aseos	-	0.10	0.10
Comedor	-	0.10	0.10
Vestuarios	-	0.10	0.10
Depuración de aguas domésticas	0.05	-	0.05
Vallado	0.20	-	0.20
Gestión de red de drenaje	-	0.50	0.50
Línea eléctrica	-	1.00	1.00
Línea de gas	-	0.50	0.50
Suministro de agua	-	5.00	5.00
Total	7.40	8.40	15.80

13.1.2 CAPEX de mina

El CAPEX de mina es diferente en los dos casos de estudio, debido a que el caudal procesado por año en planta no es el mismo. Para una ley de 2.300 ppm, se establece un caudal de 1.250.000 t/año que corresponde con el CAPEX que se muestra en la tabla 57.

Tabla 57. CAPEX planta para escenario de 2.300 ppm.

Área	Costo (\$USM)	Costo (M€)
Trituración y molienda	21.31	19.37
Concentración	10.25	9.32
Tostación	45.00	40.91
Lixiviación	5.80	5.27
Filtración L	18.42	16.75
Purificación	2.78	2.53
Filtración P	4.45	4.05
Recuperación de sulfato	43.16	39.24
Precipitación	6.49	5.90
Bicarbonatación	3.46	3.15
Secado de producto	3.00	2.73
Envasado	12.00	10.91
Servicios e instalaciones auxiliares	15.00	13.64
Infraestructura de planta	24.00	21.82
Costo directo total	215.12	195.56
Costos indirectos (ingeniería, permisos...)	50.99	51.99
Contingencia (10%)	26.61	24.76
Total	292.72	272.31

Por otro lado, para una ley de 2.900 ppm con una capacidad de menor procesado, se ha considerado que el costo de la planta será un 19% menor, para el tratamiento de 950.000 t/año de mineral (Tabla 58).

Tabla 58. CAPEX planta para escenario de 2.900 ppm.

Área	Costo (\$USM)	Costo (M€)
Trituración y molienda	21,31	19,37
Concentración	10,25	9,32
Tostación	45,00	40,91
Lixiviación	5,80	5,27
Filtración L	18,42	16,75
Purificación	2,78	2,53
Filtración P	4,45	4,05
Recuperación de sulfato	43,16	39,24
Precipitación	6,49	5,90
Bicarbonatación	3,46	3,15
Secado de producto	3,00	2,73
Envasado	12,00	10,91
Servicios e instalaciones auxiliares	15,00	13,64
Infraestructura de planta	24,00	21,82
Costo directo total	215,12	195,56
Costos indirectos (ingeniería, permisos...)	50,99	51,99
Contingencia (10%)	26,61	24,76
Total	237,10	220,57

13.1.3. Distribución temporal del CAPEX

El resultado final de la inversión en cada periodo de explotación se distribuye con el 100% de los costos y capitales iniciales (Tabla 59).

Tabla 59. Inversión general.

Inversión	General (k€)	Mina (k€)	Planta (k€)	Total inversión (k€)
Año 0	7.400	11.348	40.846	59.594
Año 1	8.400	-	231.463	239.863
Año 2	-	-	-	-
Año 3	-	7.774	-	7.774
Año 4	-	-	-	-
Año 5	-	-	-	-
Año 6	-	12.433	-	12.433
Año 7	-	-	-	-
Año 8	-	-	-	-
Año 9	-	-	-	-
Año 10	-	-	-	-
Año 11	-	12.244	-	12.244
Año 12	-	-	-	-
Año 13	-	-	-	-
Año 14	-	-	-	-
Año 15	-	-	-	-
Año 16	-	9.641	-	9.641
Año 17	-	-	-	-
Año 18	-	-	-	-
Total	15.800	53.440	272.309	341.549

13.2 Gastos de operación (OPEX)

El OPEX incluye los costos del personal, consumibles, mantenimientos, retiro de tierra vegetal y estéril, voladuras, excavación y carga, seguros, consultorías, alquileres, entre otros muchos, los cuales se visualizan a continuación. En los apartados siguientes se mostrarán los OPEX general y de administración y de mina.

13.2.1. OPEX General y de administración

Dentro de los gastos operacionales, el OPEX general y de administración, comprende costos del personal, seguros, mantenimiento de las oficinas, entre otros (Tabla 60).

Tabla 60. OPEX general y de administración.

Área	Costo (k€/a)
Personal G&A	500
Seguros	250
Mantenimientos oficinas	200
Consultorías	150
Vehículos	100
Informática	50
Comunicaciones	50
Consumibles oficinas	50
Alquileres	50
Formación	30
Seguridad y Salud	61
Servicios médicos	5
Total	1.496

13.2.2. OPEX Mina

Para el OPEX de mina, los costos unitarios se mantienen en ambos escenarios y se muestran en la tabla 61.

Tabla 61. Precio unitario OPEX de mina.

Precios unitarios	Unidad	Precio
Retirada de tierra vegetal	€/m ³	1.625
Voladura de estéril	€/t	0.75
Excavación carga y transporte de esteril hasta 1 km	€/t	0.975
Incremento de transporte por km	€/km*t	0.225
Voladura de mineral	€/t	0.9
Excavación carga y transporte de mineral hasta 1 km	€/t	0.875
Incremento de transporte por km	€/km*t	0.225
Excavación carga y transporte de tailings hasta 1,5 km	€/t	0.755
Incremento de transporte por km	€/km*t	0.225
Transporte de mineral desde acopio a machacadora hasta 0.5 km	€/t	0.675
Incremento de transporte por km	€/km*t	0.225
Trabajos auxiliares	%	5%

En la tabla 62 se muestran los costos de mina por año para cada caso de estudio.

Tabla 62. OPEX mina para 2.300 ppm (A) y para 2.900 ppm (B).

OPEX A)	UD	Total	Año -1	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24
Retirada de tierra vegetal	k€	1.084	122	0	0	493	0	0	286	0	0	0	0	230	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	25
Voladura de estéril	k€	16.356	0	970	1.330	1.311	864	1.267	2.309	1.196	768	1.479	1.474	1.083	739	549	513	394	110	0	0	0	0	0	0	0	0
Excavación carga y transporte de estéril hasta 1 km	k€	21.262	0	1.261	1.728	1.704	1.124	1.648	3.001	1.555	999	1.922	1.916	1.409	960	713	667	512	143	0	0	0	0	0	0	0	0
Incremento de transporte por km	k€	7.645	0	453	621	613	404	592	1.079	559	359	691	689	506	345	256	240	184	51	0	0	0	0	0	0	0	0
Voladura de mineral	k€	27.797	0	317	1.492	1.461	2.053	1.572	126	1.587	2.189	1.265	1.274	1.764	2.202	2.442	2.539	2.676	2.838	0	0	0	0	0	0	0	0
Excavación carga y transporte de mineral hasta 1 km	k€	27.797	0	317	1.492	1.461	2.053	1.572	126	1.587	2.189	1.265	1.274	1.764	2.202	2.442	2.539	2.676	2.838	0	0	0	0	0	0	0	0
Incremento de transporte por km	k€	12.571	0	143	675	661	928	711	57	718	990	572	576	798	996	1.105	1.148	1.210	1.284	0	0	0	0	0	0	0	0
Excavación carga y transporte de tailings hasta 1,5 km	k€	27.797	0	0	294	1.251	1.250	1.252	1.253	1.252	1.252	1.251	1.251	1.250	1.251	1.250	1.250	1.249	1.251	1.252	1.250	1.251	1.251	1.252	1.251	1.249	1.234
Incremento de transporte por km	k€	4.574	0	0	48	206	206	206	206	206	206	206	206	206	206	206	206	206	206	206	206	206	206	206	206	206	203
Transporte de mineral desde acopio a machacadora hasta 0.5 km	k€	11.858	0	0	0	156	0	0	1.171	199	0	341	0	0	0	0	0	0	0	1.252	1.250	1.251	1.251	1.252	1.251	1.249	1.234
Incremento de transporte por km	k€	4.619	0	0	0	61	0	0	456	78	0	133	0	0	0	0	0	0	0	488	487	487	487	488	487	487	481
Trabajos auxiliares	k€	8.168	6	173	384	469	444	441	504	447	448	456	433	450	445	448	455	455	439	160	160	160	160	160	160	160	159
Supervisión y servicios técnicos	k€	23.953	741	790	973	992	1.060	986	943	1.019	1.081	991	939	1.015	1.083	1.121	1.136	1.157	1.182	936	936	936	936	936	936	935	933
Total	k€	195.481	870	4.423	9.038	10.837	10.387	10.247	11.517	10.404	10.480	10.573	10.030	10.476	10.429	10.533	10.693	10.721	10.392	4.293	4.288	4.291	4.289	4.293	4.291	4.286	4.270

OPEX B)	UD	Total	Año -1	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Retirada de tierra vegetal	k€	1.084	122	0	0	493	0	0	286	0	0	0	0	230	0	0	0	0	50	0	0	0	0
Voladura de estéril	k€	24.259	0	1.178	2.004	2.031	2.062	2.023	1.817	2.004	2.098	2.132	1.873	1.366	1.013	669	537	550	389	364	151	0	0
Excavación carga y transporte de estéril hasta 1 km	k€	31.537	0	1.532	2.605	2.640	2.681	2.630	2.362	2.605	2.727	2.772	2.434	1.775	1.317	870	698	715	505	473	196	0	0
Incremento de transporte por km	k€	11.098	0	551	937	949	964	946	849	936	980	997	875	638	473	313	251	257	182	0	0	0	0
Voladura de mineral	k€	17.259	0	274	956	957	948	1.014	1.322	1.163	942	851	1.062	1.125	1.105	1.046	984	1.039	979	1.003	490	0	0
Excavación carga y transporte de mineral hasta 1 km	k€	17.259	0	274	956	957	948	1.014	1.322	1.163	942	851	1.062	1.125	1.105	1.046	984	1.039	979	1.003	490	0	0
Incremento de transporte por km	k€	7.130	0	124	432	433	429	459	598	526	426	385	480	509	500	473	445	470	443	0	0	0	0
Excavación carga y transporte de tailings hasta 1,5 km	k€	17.034	0	0	287	937	936	936	936	938	938	937	939	939	938	938	938	937	937	937	937	939	810
Incremento de transporte por km	k€	2.803	0	0	47	154	154	154	154	154	154	154	155	154	154	154	154	154	154	154	154	154	133
Transporte de mineral desde acopio a machacadora hasta 0.5 km	k€	2.338	0	0	0	0	2	0	0	0	8	99	0	0	0	0	0	0	0	0	460	950	819
Incremento de transporte por km	k€	911	0	0	0	0	1	0	0	0	3	39	0	0	0	0	0	0	0	0	179	370	319
Trabajos auxiliares	k€	6.636	6	197	411	478	456	459	482	474	461	461	444	393	330	275	250	258	231	197	153	121	104
Supervisión y servicios técnicos	k€	18.611	741	784	890	890	889	899	947	922	889	889	906	916	913	904	894	903	893	897	889	889	868
Total	k€	157.959	870	4.912	9.525	10.918	10.470	10.533	11.076	10.885	10.568	10.567	10.230	9.171	7.848	6.689	6.134	6.321	5.742	5.028	4.099	3.423	3.053

En cuanto a los costes operativos de proceso, se ha considerado lo siguiente:

- Costos fijos suponen un 55% del coste total del proceso de extracción.
- Costos variables suponen 45% del coste total del proceso de extracción.

Los costos fijos son los referentes al personal, al mantenimiento y los costos generales de la planta. Mientras que las variables corresponden a la energía eléctrica, a los reactivos y a los consumibles. En la tabla 63 se muestran ambos por partida y el costo por tonelada de mineral para cada uno de los dos escenarios.

Tabla 63. Costos unitarios OPEX planta.

Concepto	Costo anual (€)	Costo unitario (€/tmineral)	Costo unitario (€/tLIC)
Personal	7,820,909	6.22	521
Energía eléctrica	5,061,755	4.03	337
Reactivos	19,785,809	15.73	1,319
Consumibles	13,404,363	10.65	894
Mantenimiento y materiales	2,473,119	1.96	165
Costos generales de planta	618,182	0.49	41
Total	49,164,136	39.08	3,276

14. ANÁLISIS DE VIABILIDAD

14.1. Modelo económico y flujo de caja

La metodología más común de un flujo de caja es la expresada a continuación:

Inversión: conjunto de activos necesarios para dar vida e implementar el proyecto.

A.1. Inversión Total.

A.2. Préstamo.

A.3. Inversión Neta = Inversión Total – Préstamo.

Es un programa de inversión que se ejecuta en el tiempo, dado que:

- La inversión Inicial puede comprender más de un periodo.

- Reposición de equipos por término de vida útil o reinvención.

Operación o Explotación.

B.1. Ingresos por venta y/o servicios generados por el proyecto.

B.2. Costos de ventas o costos de comercialización (costo fijo + costo unitario * Q vendida).

B.3. Ingresos netos de venta = (B.1) - (B.2)

B.4. Costos de producción = Costo directo + Costo indirecto

B.5. Margen Bruto = (B.3) - (B.4)

B.6. Costos de Administración.

B.7. Margen Neto = (B.5) – (B.6)

Ingresos y/o costos fuera de explotación

C.1. Ingresos no operacionales (por venta de activos).

C.2. Costos no operacionales.

Impuestos

D.1. Impuestos operacionales = tax * (B.7- depreciación – intereses pagados – amortización de activos nominales o intangibles).

D.2. Impuestos no operacionales: se pagan por sobre la ganancia obtenida en los ingresos no operacionales = tax * (valor venta activo – valor libro).

E. Cuota de pago de créditos contratados

E.1. Intereses pagados.

E.2. Amortización del crédito

E.3. Cuotas de pago

E.4. Flujo neto de caja (FCN) = B.7 + C.1 – A.3 - C.2 - D.1 - D.2 - E.3

14.1.1. Indicadores de rentabilidad

La generación de indicadores de rentabilidad de los proyectos de inversión surge como respuesta a la necesidad de disponer de elementos de juicio cuantificables, para analizar cómo contribuyen los proyectos a alcanzar uno de los objetivos más recurrentes de las empresas, como es el maximizar utilidades. Por lo tanto, existen dos clases de indicadores: determinísticos y estocásticos.

1. Indicadores Determinísticos:

- a) Proyectos sin restricción de recursos, considerando que se puede efectuar una sola vez y que la empresa dispone de todos los recursos necesarios para implementarlos.
- b) Proyectos repetitivos, establece que los proyectos se pueden volver a realizar al término de su vida útil.
- c) Proyectos con restricción o ranking de proyectos, la empresa dispone de una cantidad de recursos menor que los que son demandados por el conjunto de proyectos factibles.
- d) Optimización de proyectos.

2. Indicadores Estocásticos:

- a) Riesgo, implica conocer la distribución de probabilidades de las variables. Trabaja con estadígrafos.
- b) Incertidumbre, sólo es posible establecer cuáles serían los posibles valores, pero no cuál es la probabilidad de ocurrencia de los mismos. El método emplea la teoría de los juegos.

14.1.2. Financiamiento de proyectos

Una opción a la hora de llevar a cabo un proyecto es solicitar un préstamo externo a un ente capaz de proveer, el cual naturalmente cobrará, “el arriendo del valor del dinero”, lo

que se traduce en una tasa de interés. Para llevar a cabo el proyecto se toma un préstamo de manera que se comprometa el menor capital inicial de inversión procedente de socios accionistas o inversores. Por ello, a la hora de evaluar la factibilidad económica / financiera del proyecto, se debe realizar un nuevo análisis denominado VAN Financiero. Este indicador corresponde al valor actual neto considerando los flujos de caja que efectivamente perciben los accionistas, descontando una tasa que refleja el costo de capital propio. A diferencia del VAN Económico, que evalúa la rentabilidad total del proyecto sin distinguir el origen de los fondos.

14.1.3. Efectos positivos de tomar deuda

Al tomar una deuda con el sistema bancario, el proyecto o empresa debe cancelar el costo financiero de esta, a través del pago de los intereses se reduce el pago de impuestos.

$$\text{Impuesto} = \text{Tasa de Impuesto} * (\text{Margen} - \text{Dep/Amort} - \text{Intereses})$$

14.1.4. Elementos de un crédito

Al momento de estructurar un financiamiento, es fundamental comprender los principales componentes que definen las condiciones de un crédito. Estos elementos influyen directamente en el costo total del préstamo, su duración y la forma en que se realizan los pagos. En este apartado se describen algunos aspectos clave:

Costo del Crédito: valor a pagar por usar el dinero de un tercero, es decir, la tasa de interés.

Periodos: los préstamos tienen asociados dos tipos, el primero comprende el plazo de pago del crédito, el segundo con relación al número de periodos de no pago o gracia.

Modalidad de pago: es el sistema bajo el cual será pagado el préstamo y que determina el cálculo de las cuotas de pago o programa de pago.

Existen al menos 3 tipos de crédito distintos y difieren básicamente en la manera en la que se conjugan la cuota a pagar, la amortización (disminución de la deuda) y los intereses.

Lo primero que se debe saber es que los conceptos de tipo de interés nominal (TIN) y Tasa Anual Equivalente (TAE) son conceptos establecidos por Banco España, y, por tanto, oficiales. El TIN, es el porcentaje fijo que se pacta como concepto de pago por el dinero

prestado e indica el % que recibe el banco por ceder el dinero. Mientras que el TAE, es el tipo de interés que indica el coste o rendimiento efectivo de un producto.

En esencia, el TIN es el tipo que los bancos utilizan y nos comunican en los contratos de depósitos, imposiciones, préstamos, créditos e hipotecas, y que refleja el pago de intereses por el cambio del valor del dinero en un periodo de tiempo. Se trata del porcentaje fijo que se pacta como concepto de pago por el dinero prestado. Indica el % que recibe el banco por deber el dinero. Por lo tanto, se trata del tipo de interés que indica el coste efectivo de un producto financiero. No tiene en cuenta ningún tipo de gasto asociado a la operación, únicamente es el interés que se ha acordado con la entidad financiera para la operación. A diferencia del TAE, el TIN no tiene por qué ser anual.

Por el contrario, la TAE se calcula de acuerdo con una fórmula matemática normalizada que tiene en cuenta el tipo de interés nominal de la operación, la frecuencia de los pagos (mensuales, trimestrales, semestrales, etc.), las comisiones bancarias por cancelación o amortización, y los gastos de la operación. Además, habrá que tener en cuenta si hay otros gastos como, por ejemplo, la comisión de apertura.

14.1.5. Tipos de Valor Actual Neto (VAN)

A continuación, se van a definir las características del VAN económico/puro y el VAN con financiamiento que son imprescindibles para estimar el beneficio económico del proyecto.

1. *VAN económico/puro*: Valor Actual Neto de un proyecto, sin presencia de endeudamiento externo, es decir, solo con el aporte de inversión propia o inversionistas interesados, permite medir la rentabilidad de un proyecto bajo el supuesto de que dicha inversión se realiza con capital propio, es decir, sin recurrir a un financiamiento externo. Este tipo de VAN se basa en descontar todos los flujos de caja netos futuros que genere el proyecto, según una tasa de descuento calculada debido al riesgo de la operación.

El cálculo se realiza sobre la totalidad del proyecto, sin considerar pagos de interés o amortizaciones. Por tanto, ofrece comparar diferentes proyectos entre sí, donde se proyectan los flujos de caja (ingresos y egresos sin deuda o impuestos), para luego ser descontados por tasa que refleja el costo de oportunidad del capital. Esto permite calcular el valor presente neto de los beneficios económicos esperados, determinando si el proyecto genera valor ($VAN > 0$) o no ($VAN < 0$).

2. *VAN con financiamiento*: obtenido el VAN anterior para determinar si el proyecto en ausencia de financiamiento es rentable, posteriormente se obtiene el VAN financiero del proyecto en consideración de lo siguiente:

Cálculo de los impuestos considerando la rebaja por los intereses pagados.

$$\text{Imp} = \text{Tasa de Impuesto} * (\text{Margen- dep} / \text{Amort} - \text{intereses})$$

Al inicio del proyecto se considera como un ingreso la inversión financiada (préstamo) y durante el proyecto se debe pagar la totalidad del crédito a través de cuotas mensuales definidas según el plan de pago del crédito.

Este VAN es descontado a la tasa del proyecto puro, aprovechando el efecto de que la relación deuda / activo en el largo plazo es cero.

14.1.6. Tasa interna de retorno (TIR)

Para que la TIR exista, la solución debe ser real, única y positiva. Esto ocurre si los flujos de cajas tienen un solo cambio de signo o pasa por cero y debe ser de negativo a positivo, que es equivalente a plantear que:

- La inversión debe estar concentrada inicialmente (flujo neto inicial negativo).
- Es admisible tener pérdidas los primeros periodos (flujo neto negativos).
- En los periodos siguientes, al pasar los flujos netos de caja a positivo deben mantener dicho signo.

14.1.7. Periodo de recuperación de la inversión (PRI)

El periodo de recuperación establece el número de flujos netos de caja que serán necesarios para que la inversión inicial sea recuperada. Los flujos netos de caja deben ser incluidos en términos actualizados, para tener el mismo referente que la inversión (periodo cero). Si el periodo de recuperación de capital es menor que el máximo periodo definido por la empresa, entonces se acepta el proyecto.

Por otro lado, el modelo económico se basa también en las ventas de Li_2CO_3 , por lo que, para definir las ventas anuales de la empresa, el precio promedio de este producto (12.000 \$US/t), debe ser multiplicado por su producción anual.

Para ello, se deben evaluar los siguientes conceptos:

- *Flujo de caja Operativo*: diferencia entre las ventas anuales de Li_2CO_3 y el total anual de los gastos de operación. Antes de comenzar la fase de producción (año 0), como en el primer período, se manifiesta un flujo de caja operativo, debido a que no se registran ventas y por tanto solo se visualizan gastos.
- *Amortización*: se manifiesta entre la producción acumulada anual de Li dividida por la recuperación anual de mineral de Li en planta. Este valor debe contemplar la diferencia con respecto al año anterior para luego ser multiplicado por el total de inversión. Con ello se evaluará la amortización anual que genera la venta de Li.
- *Restauración*: el periodo de restauración considera el abandono de corta, desmantelamiento de instalaciones y cierre de instalaciones de residuos, los cuales deben ser desarrollados con un 100% de efectividad para cumplir con los contratos y leyes establecidas.
- *Flujo de caja antes de impuestos*: se calcula tomando los ingresos imperativos y restando los costos operativos, sumando la amortización para luego ser restado por las inversiones del capital y el valor de restauración anual. Este flujo refleja la rentabilidad económica del proyecto sin considerar impuestos en el financiamiento.
- *Impuestos*: serán llevados a cabo a partir de los beneficios que genera la empresa, por lo que se considera un pago de impuestos a partir de un 25% de producción. Para el primer caso (ley de 2.300 ppm) el pago de impuestos se deberá de realizar en el año 6, pero no así en el segundo caso (ley de 2.900 ppm), ya que alcanzado el año 9 se comienza con los pagos correspondientes.
- *Flujo de caja después de impuestos*: se obtiene restando el flujo de caja operativo en conjunto con el total de la inversión, y la restauración anual, para luego sumar la amortización correspondiente. Posteriormente, se puede definir el flujo de caja acumulado, como la resta entre el flujo de caja antes de impuestos y el flujo de caja acumulado del año anterior. Todo lo desarrollado se puede verificar a continuación.

14.2. Modelo económico para los dos escenarios

Los modelos económicos para los escenarios de 2.300 ppm y 2.900 se muestran en las tablas 64 y 65, respectivamente.

Los flujos de caja corresponden a la variación que se produce periodo a periodo en “la caja de proyecto”. Es decir, comprende la corriente o flujo de dinero que ingresa y sale neto del

negocio o empresa, como producto de un proyecto (diferencia de los ingresos y gastos), teniendo en cuenta los ingresos operacionales y no operacionales, préstamos, costos de inversión, costos de operación y no operacionales, y pagos de créditos.

Tabla 64. Flujo de caja para 2.300 ppm.

Gastos de operación	Unidad	Total	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24
General	k€	37.395	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	
Mina	k€	196.351	870	4.423	9.038	10.837	10.387	10.247	11.517	10.404	10.480	10.573	10.030	10.476	10.429	10.533	10.693	10.721	10.392	4.293	4.288	4.291	4.289	4.293	4.291	4.286	4.270
Planta	k€	1.093.385	-	-	17.496	48.929	48.897	48.969	48.984	48.966	48.951	48.932	48.941	48.885	48.923	48.916	48.902	48.863	48.932	48.965	48.904	48.941	48.920	48.956	48.942	48.880	48.390
Total gastos operación	k€	1.327.131	2.366	5.919	28.030	61.261	60.780	60.712	61.997	60.866	60.927	61.001	60.466	60.856	60.847	60.945	61.091	61.080	60.820	54.754	54.688	54.728	54.706	54.744	54.729	54.662	54.156
Inversión	Unidad	Total	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24
General	k€	15.800	7.400	8.400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mina	k€	53.440	11.348	-	-	7.774	-	-	12.433	-	-	-	-	12.244	-	-	-	-	9.641	-	-	-	-	-	-	-	
Planta	k€	272.309	40.846	231.463	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total inversión	k€	341.549	59.594	239.863	-	7.774	-	-	12.433	-	-	-	-	12.244	-	-	-	-	9.641	-	-	-	-	-	-	-	
Ventas	k€	2.766.258	-	-	34.265	142.838	151.184	156.349	148.356	131.498	131.092	138.862	120.718	125.003	127.582	128.578	134.130	138.872	143.875	137.546	137.343	124.958	103.292	103.382	103.347	103.191	101.960
Flujo de caja operativo	k€	1.541.087	- 2.366	5.919	6.235	81.576	90.404	95.637	86.358	70.633	70.165	77.861	60.252	64.146	66.735	67.633	73.039	77.792	83.055	82.792	82.655	70.230	48.586	48.637	48.617	48.529	47.804
Amortización	%	-	0%	0%	1%	6%	11%	17%	22%	27%	31%	36%	40%	45%	49%	54%	58%	63%	68%	73%	78%	82%	86%	89%	93%	96%	100%
Amortización	k€	341.549	-	-	4.080	17.009	18.003	18.618	17.666	15.659	15.610	16.536	14.375	14.885	15.193	15.311	15.972	16.537	17.133	16.379	16.355	14.880	12.300	12.311	12.307	12.288	12.141
Restauración	k€	16.043	-	-	-	41	-	-	55	-	-	-	-	83	-	-	-	-	435	4	538	573	573	573	573	573	2.418
Flujo de caja antes de impuestos	k€	841.946	- 61.960	- 245.782	2.154	56.752	72.401	77.019	56.204	54.974	54.554	61.325	45.876	36.934	51.542	52.322	57.067	61.255	55.847	66.408	65.762	54.777	35.713	35.753	35.738	35.668	33.245
Flujo de caja antes de impuestos acumulado	k€	-	- 61.960	- 307.742	- 305.587	- 248.835	- 176.433	99.414	43.211	11.763	66.318	127.643	173.520	210.453	261.996	314.318	371.384	432.639	488.486	554.894	620.656	675.432	711.146	746.899	782.637	818.305	851.549
Impuestos	k€	223.690	-	-	-	-	-	-	-	13.743	13.639	15.331	11.469	9.233	12.886	13.081	14.267	15.314	13.962	16.602	16.440	13.694	8.928	8.938	8.934	8.917	8.311
Flujo de caja después de impuestos	k€	959.805	- 61.960	- 245.782	6.235	73.762	90.404	95.637	73.870	56.889	56.526	62.530	48.783	42.586	53.849	54.553	58.772	62.478	59.018	66.185	65.676	55.963	39.085	39.126	39.110	39.039	37.075
Flujo de caja acumulado	k€	-	- 61.960	- 307.742	- 301.507	- 227.745	- 137.341	41.704	32.166	89.056	145.582	208.112	256.894	299.480	353.329	407.882	466.654	529.132	588.150	654.335	720.011	775.974	815.059	854.184	893.294	932.333	969.408

Tabla 65. Flujo de caja para 2.900 ppm.

Gastos de operación	Unidad	Total	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
General	k€	32.907	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496	1.496
Mina	k€	158.829	870	4.912	9.525	10.918	10.470	10.533	11.076	10.885	10.568	10.567	10.230	9.171	7.848	6.689	6.134	6.321	5.742	5.028	4.099	3.423	3.053
Planta	k€	715.788	-	-	17.348	39.041	39.041	39.041	39.041	39.041	39.041	39.041	39.041	39.041	39.041	39.041	39.041	39.041	39.041	39.041	39.041	39.041	34.737
Total gastos operación	k€	907.524	2.366	6.408	28.369	51.455	51.007	51.070	51.613	51.422	51.105	51.104	50.767	49.709	48.385	47.226	46.672	46.859	46.279	45.565	44.636	43.960	39.286
Inversión	Unidad	Total	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
General	k€	15.800	7.400	8.400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mina	k€	53.440	11.348	-	-	7.774	-	-	12.433	-	-	-	-	12.244					9.641	-	-	-	-
Planta	k€	220.570	33.086	187.485	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
Total inversión	k€	289.810	51.833	195.885	-	7.774	-	-	12.433	-	-	-	-	12.244	-	-	-	-	9.641	-		-	-
Ventas	k€	2.456.339	-	-	34.265	142.838	151.184	156.349	148.356	131.498	131.092	138.862	120.718	125.003	127.582	128.578	134.130	138.872	143.875	137.546	137.343	124.958	103.292
Flujo de caja operativo	k€	1.548.814	- 2.366	- 6.408	5.896	91.383	100.177	105.279	96.743	80.076	79.987	87.758	69.951	75.294	79.197	81.352	87.458	92.013	97.595	91.981	92.707	80.998	64.006
Amortización	%		0%	0%	1%	7%	13%	20%	26%	31%	36%	42%	47%	52%	57%	63%	68%	74%	80%	85%	91%	96%	100%
Amortización	k€	289.810	-	-	4.043	16.853	17.837	18.447	17.504	15.515	15.467	16.384	14.243	14.748	15.053	15.170	15.825	16.385	16.975	16.228	16.204	14.743	12.187
Restauración	k€	16.043	-	-	-	41	-	-	55	-	-	-	-	83	435	4	538	573	573	573	573	573	2.418
Flujo de caja antes de impuestos	k€	953.151	- 54.199	- 202.293	1.853	66.716	82.340	86.832	66.751	64.561	64.520	71.375	55.708	48.219	63.710	66.177	71.095	75.056	70.406	75.180	75.930	65.682	49.401
Flujo de caja antes de impuestos acumulado	k€	-	- 54.199	- 256.492	- 254.639	187.924	105.584	18.752	47.999	112.560	177.080	248.455	304.163	352.382	416.091	482.269	553.363	628.419	698.825	774.005	849.934	915.616	965.017
Impuestos	k€	245.942	-	-	-	-	-	-	16.688	16.140	16.130	17.844	13.927	12.055	15.927	16.544	17.774	18.764	17.602	18.795	18.982	16.421	12.350
Flujo de caja después de impuestos	k€	997.019	- 54.199	- 202.293	5.896	83.568	100.177	105.279	67.567	63.936	63.857	69.915	56.024	50.912	62.835	64.803	69.146	72.676	69.780	72.613	73.151	64.005	49.238
Flujo de caja acumulado	k€	-	- 54.199	- 256.492	- 250.596	167.028	66.851	38.428	105.994	169.930	233.787	303.701	359.726	410.638	473.473	538.276	607.422	680.099	749.878	822.491	895.643	959.647	1.008.885

14.3. VAN y TIR

Toda empresa busca que gran parte de su proyecto sea rentable en el tiempo, donde la inversión pueda generar una tasa de retorno positiva, es decir, beneficios considerables. Sin embargo, los proyectos de gran envergadura generan incertidumbre, puesto que no dependen sólo de factores internos (explotación, producción, recuperación, entre otros), sino de la fluctuación del valor del mineral en el mercado, debido a la demanda que manifiestan los clientes, y que depende en algunos casos de la geopolítica o factores adversos.

El VAN y el TIR repercute en la aprobación del proyecto en el ámbito financiero de la compañía. El VAN considera una tasa de descuento de un 8% que corresponde con el riesgo del proyecto, inflación y costo de capital, donde los inversores buscan lograr un beneficio mínimo.

El VAN y TIR de cada caso queda definido de la manera que se muestra en la tabla 66.

Tabla 66. VAN y TIR para los dos casos de estudio.

Indicador Financiero	Caso 1: Ley 2.300 ppm	Caso 2: Ley 2.900 ppm
VAN (€)	248.896.003	323.737.860
VAN (M€)	249	324
TIR (%)	18	24
Periodo de retorno (años)	6,5	5,7

Cómo se observa, en el caso 2 se obtiene un mejor periodo de retorno, con un VAN que supera con creces al caso 1.

15. CONCLUSIONES

1.- Con una Inversión inicial de 341.549 k€ para el caso 1 y 289.896 k€ caso 2, y mismo escenario de costos y de precios unitarios. El VAN es mayor que cero en ambos casos de estudios. Esto implica que la inversión producirá beneficios, por encima de la rentabilidad exigida. Por lo tanto, el proyecto debería aprobarse para cualquiera de los dos casos de estudio; no obstante la recomendación sería, en este caso, presentar aquel que genera un mayor valor.

2.- El VAN para una ley de 2.300 ppm (caso 1) equivale a 249 M€, que contrastan con los cerca de 324 M€ para una ley de corte de 2.900 ppm (caso 2). Esto refleja que, aunque el acopio del caso 1 extiende la producción hasta el año 24, no genera un mayor beneficio económico a pesar de tener una capacidad de producción de 1.250.000 t/año, en comparación con la capacidad de 950.000 t/año del caso 2.

3.- El beneficio es considerablemente mayor para una ley de corte de mineral de 2.900 ppm. Esto se traduce en un TIR del 24% comparado con el 18% del caso 1. El beneficio calculado posiciona al caso 2 como el más propicio para optimizar la viabilidad económica del proyecto.

4.- El periodo de retorno, aunque es muy similar para ambos casos de estudio, muestra que, al reducir la inversión inicial, el beneficio se traslada a un año antes. Para el caso 2, cuyo periodo de retorno es de 5,7 años, más favorable para los inversionistas y para la propia empresa que en el caso 1, en que el periodo de retorno es de 6,5 años.

5.- En cuanto al Li_2CO_3 producido en el caso 1 es de 263 kt y en el caso 2 es de 225 kt. El hecho de producir mayor cantidad de Li_2CO_3 no implica que el proyecto tenga mayor valor económico en este caso.

6.- Un proyecto con un VAN mayor tendría más capacidad de hacer frente a escenarios de precios decrecientes.

7.- Independientemente, otros factores como los años de vida del proyecto, impuestos generados, personal, impacto ambiental o producto generado, también se deben analizar a la hora de tomar una decisión sobre el proyecto.

16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- An, J. W., Kang, D. J., Tran, K. T., Kim, M. J., Lim, T., Tran, T. (2012). Recovery of lithium from Uyuni salar brine. *Hydrometallurgy*, 117-118, 64-70
- Barrios, S., Compañía, J.M., Ysla, J., Da Silva, I., Gómez Barreiro, J. (2023). Fluorapatitos de la cantera Alberto I (La Fregeneda, Salamanca, España). *ACOPIOS*, V14: 23-55.
- BOE (1978). Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería, 11 de diciembre de 1978, núm. 295.
- Bradley, D. C., Munk, A. L., Jochens, H., Hynek, S. A., Labay, K. (2013). A Preliminary Deposit Model for Lithium Brines. *USGS professional paper*. 1006. 1-6.
- Černý, P. (1991). Rare-element Granitic Pegmatites. Part I: Anatomy and Internal Evolution of Pegmatitic Deposits. *Geoscience Canada*, 18 (2), 49-67.
- Černý, P., Ercit, T.S (2005). The classification of granitic pegmatites revisited. *Canadian Mineralogist* 43, 2005-2026.
- COCHILCO (2024). Mercado del Litio: Proyección 2025-2025. Comisión Chilena del Cobre, Santiago de Chile, 48 págs.
- Corti, H.R. (2023). El litio y sus isótopos en tecnología nuclear: separar para agregar valor. *Ciencia e Investigación*, 73 (3), 31-39.
- DME (1999). Guidelines on the Safe Design and Operating Standards for Tailings Storage. Department of Minerals and Energy, Western Australia. ISBN 0730978087.57
- Energy Transition Minerals (2023). High grade lithium intersected in first drillholes at Villasrubias Project, Spain. *ASX announcement*, 28 June 2023, 1-11.
- Florido, P., González Clavijo, E.J., Ortega, C., Rodríguez Rivas Memoria, A.I., Pérez Moras, F., Vicente Rodríguez, R. (2002). Mapa metalogenético de España a escala 1:200.000 hoja 36 (3-5) Vitigudino. Ministerio de Ciencia y Tecnología, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 110 págs. ISBN: 84-7840-460-0.

Fuentealba, D., Flores-Fernández, C., Troncoso, E., Estay, H. (2023). Technological tendencies for lithium production from salt lake brines: Progress and research gaps to move towards more sustainable processes. *Resources Policy*, 83, 103572, [//doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103572](https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103572)

Garate-Olave, I., Roda-Robles, E., Gil-Crespo, P.P., Pesquera, A. (2012). Caracterización petrográfica y geoquímica. *Revista de la Sociedad Española de mineralogía, Macla*, 19.

Gourcerol, B., Gloaguen, E., Melleton, J., Tuduri, J., Galiègue, X. (2019). Re-assessing the European lithium resource potential - A review of hard-rock resources and metallogeny. *Ore Geology Reviews*, 109, 494-519. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2019.04.015>

Gumiel, P., Campos, R., Monteserín, V. (1998). Memoria y Mapa Geológico y de Recursos Minerales del Sector Central de Extremadura a escala 1:100.000. Consejería de Economía, Industria y Hacienda, Dirección General de Ordenación Industrial, Energía y Minas. Junta de Extremadura, (D.L. M-1495-1998-) 99 págs.

IGME (2006). Mapa metalogenético de la provincia de Cáceres Escala 1:200.000 /Instituto Geológico y Minero de España, Dirección General de Ordenación Industrial, Energía y Minas. - Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, Junta de Extremadura, (84-7840-619-0) 253 págs.

IGME (2022). Panorama Minero del Litio 2021. Instituto Geológico y Minero de España, 649-663.

International Lithium Association (2024). Introducción a la extracción directa de litio (EDL): Un informe sobre las diversas tecnologías utilizadas para la extracción directa de litio (EDL). *Automation*, 26 págs. ISSN 2755-3558.

ITGE (2000). Memoria del Mapa Geológico de España escala 1:50.000 n° 474/5 Lumbrales. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 107 págs. ISBN: 84-7840-405-8.

Jimenez Benayas, S., Crespo, J.L., Cabrera, R. (1996). Mapa Geológico y Minero de Castilla y León. Escala 1:400.000. Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León, 418 pág. ISBN: 84-7846-643-6.

Jiménez Martínez, R. (2014). La riqueza mineralógica del distrito pegmatítico de Belvís de Monroy (Cáceres, España). *De Re-Metallica*, 23, 79-84.

Junta de Extremadura (2007). Mapa metalogenético de Extremadura a escala 1:250.000. Junta de Extremadura, Consejería de Economía y Trabajo, Dirección General de Ordenación Industrial, Energía y Minas, 359 págs.

Junta de Extremadura (2019). Recursos Mineros de Extremadura: Las Rocas y Minerales Industriales. Junta de Extremadura, Consejería para la Transición Ecológica y Sostenibilidad, Mérida, 206 págs.

London, D. (2008). Pegmatites. Mineralogical Association of Canada. ISBN 978-0-921294-47-4, 182 págs.

London, D (2018). Ore-forming processes within granitic pegmatites. *Ore Geology Reviews*, 101 (2018) 349–383, <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2018.04.020>

López de Azarevich, V.L., Schalamuk, I.B.A., Azarevich, M.B. (2021). Depósitos de litio y potasio en salmueras de salares de sudamérica: caracterización, hidroquímica, depocentros y recursos. *Revista de la Sociedad Geológica de España* 34 (2), 28-51.

Marazuela, M.A., Vázquez-Suñé, E., Ayora, C., García-Gil, A., Palma, T. (2019). Hydrodynamics of salt flat basins: The Salar de Atacama example. *Science of The Total Environment*, 651 (1), 668-683. DOI:10.5382/Rev.18.14Environment, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.190>

Mohr, S. H., Mudd, G. M., Giurco, D. (2012). Lithium Resources and Production: Critical Assessment and Global Projections. *Minerals*, 2(1), 65-84.

Munk, A.L., Hynek, S.A., Bradley, D.C., Boutt, D., Labay, K., Jochens, H. (2016). Lithium Brines: A Global Perspective. En: *Rare Earth and Critical Elements in Ore Deposits* DOI:10.5382/Rev.18.14

Pesquera, A., Roda-Robles, E., Gil-Crespo, P.P., Valls, D., Ruiz, J.T. (2020). The metasomatic enrichment of Li in psammopelitic units at San José-Valdeflórez, Central Iberian Zone, Spain: a new type of lithium deposit. *Scientific reports*, 10(1), 10828.

Robb, L. (2007). *Introduction to ore-forming processes*. Blackwell Publishing company, 373 págs, ISBN 0-632-06378-5

Roda-Robles, E. (2017). Pegmatitas de la Zona Centro Ibérica (España y Portugal). 4ª Reunión de la Comisión de Petrología, Geoquímica y Geocronología de Rocas Ígneas y Metamórficas (PGG-RIM), Sociedad Geológica de España, Guía de Campo, 93 págs.

Roda Robles, E., Fontan, F., Pesquera, A., Velasco, F. (1996). The Phosphate Mineral Association of the Granitic Pegmatites of The Fregeneda Area (Salamanca, Spain), *Mineralogical Magazine*, 60, 767-778

Roda-Robles, E., Pesquera, A., Velasco, F., Fontán, F. (1999). The granitic pegmatites of the Fregeneda área (Salamanca, Spain); characteristics and petrogenesis. *Mineralogical Magazine*, 63 (4): 535-558.

Ryan, T.M., Pryor, P.R. (2000). Designing Match Benches and Interramp Slopes. En: *Slope Stability in Surface Mining*, W.A. Hustrulid, M.K. McCarter y D.J.A. Van Zyl Eds. Society for Mining, Metallurgy & Exploration, Colorado, 27-38.

Secretaría de Economía de México (2018). *Perfil del mercado del litio: Perfil del litio*. Dirección General de Desarrollo Minero, 43 págs.

SIEMCALSA (2007). *La minería en Castilla y León*. Junta de Castilla y León, Consejería de Economía y Empleo, 399 págs. ISBN: 978-84-9718-445-8.

Swan, G., Sepulveda, R. (2000). Slope stability at Collahuasi. En: *Slope Stability in Surface Mining*. W.A. Hustrulid, K.M. McCarter y D.J.A. Van Zyl Eds. Society for Mining, Metallurgy & Exploration, Colorado, 163-170.

Vieira, R., Roda-Robles, E., Pesquera, A., Lima, A. (2011). Chemical variation and significance of micas from the Fregeneda-Almendra pegmatitic field (Central-Iberian Zone, Spain and Portugal). *American Mineralogist*, 96: 637-645.

Waisfeld, B., Sferco, E., Morán, G. (2020). Yacimientos de litio: El fin del reinado de los combustibles fósiles. Cicterránea, 4, 45-55.

17. PÁGINAS WEB

Energy Transition Minerals (2021). Proyecto Villasrubias. ETRANSMIN: <https://etransmin.com/villasrubias-project/> (7/12/2024)

GlobalEnergy (2024). No longer in deficit: lithium market supply has already outpaced the demand. Global Energy Prize:: <https://globalenergyprize.org/en/2024/11/02/no-longer-in-deficit-lithium-market-supply-has-already-outpaced-the-demand/> (17/12/2024)

Lithium Iberia (2024). Proyecto Lithium Iberia Las Navas. Lithium Iberia: <https://lithiumiberia.com/proyecto-lithium-iberia-nava/> (21/02/2025)

Proyecto Descartes (2011). La Distribución Normal. Proyecto de Descartes. Obtenido de: https://proyectodescartes.org/iCartesiLibri/materiales_didacticos/EstadisticaProbabilidadInferencia/DistribucionNormal/2LaDistribucionNormal/index.html (10/11/2024)

SIGEO (2025). Sistema de información Geológico Minero de Extremadura: <http://visorsigeo.juntaex.es/> (2/04/2025)

Talison Lithium (2024). Greenbushes. Talison Lithium. <https://www.talisonlithium.com/greenbushes-project> (2/02/2025)

Universidad de Salamanca. (2015). Colección de Yacimientos Minerales de la Universidad de Salamanca: <https://coleccionyacimientosminerales.usal.es/yacimientos/feli/> (17/06/2025)

ANEXO I: DOCUMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD

1. Datos de la Empresa

1.1. Datos Generales, descripción e Identificación de la Empresa

Empresa:	-----
N.I. F	-----
C.N.A.E:	-----
C.C.C:	-----
Actividad:	Industria Extractiva
Domicilio Social:	-----
Población/Municipio	La Fregeneda, Salamanca
Teléfono:	+34 -----
Nombre Comercial:	-----
Responsable empresa:	-----

Director Facultativo:	Manuel Torres Godoy
Domicilio:	-----
Población:	-----
Provincia:	Salamanca
Teléfono de emergencia:	+34 -----

1.2. Identificación del Centro de Trabajo

Nombre de Establecimiento:	-----
Término municipal de fabricación:	-----
Población:	La Fregeneda, Salamanca
E-MAIL:	info@servicios.es
Titular y responsable del centro:	-----
Nº de trabajadores fijos:	-----
Nº de trabajadores contratados:	-----

1.3. Identificación de los trabajadores, cualificación y tipos de contrato laboral

La ITC 02.0.01 del RGNBSM establece la obligatoriedad, bajo responsabilidad del Director Facultativo, de la creación de un registro en el que se inscribirán todas las personas que trabajen en la empresa de servicios mineros.

Se incluye la identificación de todos los trabajadores propios de la empresa que integran la plantilla del centro de trabajo

Nombre	Apellidos	DNI	Nº Afiliación Seguridad Social	Categoría profesional	Puesto de Trabajo	Tipo de Contrato	Fecha de alta en empresa
Sebastián	Ruiz Torres	----- --	-----	Ingeniero técnico	Artillero	Indefinido	3/07/2025
Paula	Céspedes Carvajal	----- --	-----	Técnico	Perforista	Indefinido	5/07/2025
Felipe	Torres Almirón	----- --	-----	Técnico	Operario Pala cargadora	Indefinido	8/07/2025
Manuel	Torres Godoy	----- --	-----	Ingeniero	Director Facultativo	Indefinido	3/07/2025

1.4. Descripción de las actividades e identificación de los procesos

Descripción e identificación de las actividades y procesos que tienen lugar en el desarrollo del trabajo, bajo el objeto del documento sobre seguridad y salud, proporcionando una descripción breve de cada una de ellas.

Relación de equipos propios de trabajo propios de la empresa.

Nº Identificación	Descripción del equipo	Marca, Modelo y potencia	Año de Fabricación	Año de puesta de servicio en la empresa
E345678	Medición del terreno	Leica iCon ICR80	2008	2025
P678922	Medición de Polvo	PCE	2007	2025
G67893	Medidor de gases	MicriClip	2010	2025

En la actividad extractiva de XXX se lleva a cabo la exploración y explotación de litio en Salamanca.

La extracción se realizará mediante la perforación y voladura, debido a la calidad de roca.

Una vez que se ha volado el material (estéril o mineral) se procede a su carga utilizan cargadores frontales o excavadoras (Diesel).

El material será transportado mediante camiones o equipos adecuados hacia áreas de almacenamiento e instalaciones de procesamiento, adecuados a la propia alimentación de la planta.

Equipos o Maquinaria utilizada.

N° de equipos	Equipo	Fabricante
1	Perforadora	Komatsu
1	Pala Cargadora	Komatsu

2. Organización de la prevención

2.1. Política Preventiva

Se incluye una declaración de los principios básicos de la política preventiva, y de los compromisos que asume la empresa, con el objeto de alcanzar los niveles más altos de seguridad y salud, debiendo estar firmada por el empresario o responsable de la empresa.

Esta declaración de la política preventiva deberá de entregarse a los trabajadores, teniendo que quedar constancia de dicha entrega mediante la firma de un registro de su recepción, según lo señalado en el artículo 5 de la Ley de Prevención de Riesgos laborales.

Asegurar de forma estricta el cumplimiento de la legislación vigente en materia de seguridad y salud, donde se debe:

- Eliminar todos los riesgos que sean posible, evaluando y controlando todos aquellos que no hayan podido evitarse.
- Mitigar los riesgos desde su inicio, incluyendo la prevención de los mismo en el diseño de nuevos procesos e instalaciones.
- Complementar la gestión de la prevención en cada turno de trabajo nuevo, formando a cada uno de ellos en función de la prevención que corresponda con su labor.
- Instaurar un sistema que garantice a los trabajadores la vigilancia periódica de su estado de salud, según los riesgos que se contemplen en su trabajo.
- Informar y formar adecuadamente a todos los trabajadores nuevos y antiguos, sobre las reglas a seguir y sus protocolos.
- Promover actitudes que favorezcan la mejora de la seguridad personal.
- Consultar y dar opinión a cada trabajador a través de su representante en materia de prevención o de aquellos que afecten su seguridad y salud.

2.2. Empresario

Obligaciones generales del empresario, como representante legal de la empresa.

El empresario tiene el deber de velar por la seguridad y salud de los trabajadores en el ámbito laboral.

Es el máximo responsable de todos los aspectos de la prevención de riesgos.

Se dictan una serie de obligaciones del empresario y medidas necesarias que éste deberá de adoptar en materia de prevención de riesgos laborales, con el fin de asegurar la seguridad y salud de los trabajadores en el centro de explotación.

Junto con ello Declaro:

La empresa cumple con las exigencias planteadas por el Real Decreto 1389/1997, de 5 de septiembre, por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de todos los trabajadores que desarrollan actividades, donde cumplen con la legislación actual en materia de Seguridad Minera (Reglamento de Normas Básicas de Seguridad Minera e ITC correspondientes)

Se certifica que los datos que se exponen en este Documento de Seguridad y Salud que se acompaña con el Plan de Labores correspondientes al año 2024, y que existe a disposición de la autoridad minera, en este centro de trabajo, la documentación y registros que se mencionan en el mismo.

En Salamanca, a 30 de junio de 2025.

2.3. Director Facultativo

Datos correspondientes a la identificación de las personas que, previa aceptación por la autoridad minera sea Directores Facultativos de la explotación establecimiento de beneficio o de las contratas, el cual queda estipulado en la normativa específica de seguridad, no derogada por la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Capítulo IV del R.D 3255/1983, de 21 de Diciembre).

En minería a cielo abierto, esta ejercida por un técnico Titulado en minas y es responsables de las actividades que se desarrollan en ella que se indica en el a I.T.C 02.0.01 del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.

Director Facultativo:	Manuel Torres Godoy
Domicilio:	Av. de Kansas City, 11, 41007
Población:	Los Tarantos
Provincia:	Sevilla
Teléfono de emergencia:	+34 567893225
Nº de Colegiado:	H765378921

☒ Ejercicio libre de la profesión
☐ Trabajador propio de la empresa
☐ Trabajador de la contrata ()

Documentación que se adjunta:

- ☐ Copia de la aceptación por la Autoridad Minera del nombramiento del D. F.
- ☐ Copia de la propuesta de nombramiento del D. F. (en caso de centros nuevos)
- ☐ Otros.

2.4. Modalidad Preventiva

La modalidad preventiva adoptada por la empresa para el desarrollo de las actividades preventivas, según lo dispuesto en el Real Decreto 39/1997, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, modificado por Real Decreto 604/2006.

Para la organización de los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades preventivas, el empresario dispone de tres modalidades:

Designando a uno o varios trabajadores para llevarla a cabo. En este caso el empresario designará un número adecuado de trabajadores para ocuparse de la actividad preventiva en la empresa, en función del tiempo que dispongan los mismos para el desempeño de dicha actividad.

☐ TRABAJADORES DESIGNADOS

Nombre y Apellidos	DNI	Puesto de trabajo que ocupa

Constituyendo un servicio de prevención propio. El empresario deberá constituir un servicio de prevención propio en el caso de que la plantilla sea de entre 250 y 500 trabajadores, (al estar incluida los trabajos propios de minería a cielo abierto el anexo 1 del RD 39/1 997).

Responsable del Servicio de Prevención:		DNI:	
Dirección:			
Teléfono:			
Población:		C. P.:	Provincia:
Teléfono:	Fax:	e-mail:	
Especialidades Técnicas desarrolladas en la actividad preventiva		☐ Seguridad ☐ Higiene ☐ Ergonomía y Psicosociología Aplicada ☐ Vigilancia de la Salud	

Responsable del Servicio de Prevención:		DNI:	
Dirección:			
Teléfono:			
Población:		C. P.:	Provincia:
Teléfono:	Fax:	e-mail:	
Especialidades Técnicas desarrolladas en la actividad preventiva		☐ Seguridad ☐ Higiene ☐ Ergonomía y Psicosociología Aplicada ☐ Vigilancia de la Salud	

Recurriendo a un servicio de prevención ajeno.

El empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención ajenos cuando concurra alguna de las siguientes circunstancias: que la designación de uno o varios trabajadores sea insuficiente, que no se haya optado por la constitución de un servicio de prevención propio, o que se haya asumido parcialmente la actividad preventiva.

Servicio de prevención ajeno		CIF:	
Domicilio social:			
Población:		C. P.:	Provincia:
Teléfono:	954289134	e-mail:	
Especialidades Técnicas Preventivas contratadas	☐ Seguridad ☐ Higiene ☐ Ergonomía y Psicosociología Aplicada ☐ Vigilancia de la Salud		
Técnico del Servicio de Prevención asignado al centro de trabajo	Titulación Universitaria Formación en Prevención de Riesgos Laborales Años de experiencia en el Sector Extractivo DNI:		
Técnico del Servicio de Prevención asignado al centro de trabajo	Titulación Universitaria Formación en Prevención de Riesgos Laborales Años de experiencia en el Sector Extractivo DNI:		

2.5. Descripción de los recursos preventivos

La presencia en el centro de trabajo de los recursos preventivos del empresario, cualquiera que sea la modalidad de organización de dichos recursos, será necesaria en determinados supuestos y situaciones de especial riesgo y peligrosidad, debiendo permanecer tales recursos preventivos en el centro de trabajo durante el tiempo en que se mantenga la situación que determine su presencia.

El número de recursos preventivos necesarios es aquel en el que sean suficientes para vigilar el cumplimiento de las actividades preventivas. Deberán permanecer en el centro de trabajo durante el tiempo en que se mantenga la situación que determine su presencia como;

Medios humanos:

Antonio Vega Martin (Responsable Aseguradora MAPFRE).

Medios Materiales:

Equipos descritos en el apartado 1.4 del presente informe.

Organización Interna.

- Responsable de Seguridad e Higiene.

Es el Director de la Mina, Manuel Torres Godoy, el cual lleva a cabo las instrucciones de la Dirección de Seguridad e Higiene Nacional. Es por esto que será el representante donde se desarrolla el trabajo.

-Jefe de Mina y Encargado.

Personas reconocidas por la Dirección de Seguridad e Higiene laboral, para llevar a cabo el cumplimiento de cuantas actuaciones sean dadas por el director de Mina en el cumplimiento de su cargo como Responsables de Seguridad e Higiene.

- Técnico de servicios

Sus responsabilidades incluyen calcular el uso y valor potenciales de los depósitos minerales, la gestión y expansión de las minas, y la previsión de los posibles efectos ambientales de la minería, como puede ser la contaminación atmosférica.

- Dirección de Seguridad e Higiene Laboral.

Corresponde a la persona (Antonio Vega Martin) quien dirige y promueve dentro de Salamanca todas las funciones, las practicas preventivas y los procedimientos de gestión necesarios para el cumplimiento de las actividades preventivas en la empresa XXXX.

El servicio de prevención externo recae en la empresa MAPFRE.

Las funciones serán realizadas por personal especializado con la formación y capacitación técnica requería en el capítulo VI del RD 39/1997 por el que se desarrollan el Reglamento de los Servicios de Prevención.

En cuanto a las funciones de Medicina en el Trabajo, se tiene un contrato con el servicio de Sanitas.

2.6. Representantes de los trabajadores y dedicación en materia de seguridad

La representación de los trabajadores según la Ley de Prevención de Riesgos Laborales la llevan a cabo:

Los Delegados de Prevención y los Comités de Seguridad y Salud. El Estatuto del Minero señala que la representación de los trabajadores en esta materia, en explotaciones mineras, recae en: los Delegados Mineros de Seguridad, y los Comités de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Aquellas que conceptúan más de 50 trabajadores).

Nombre y Apellidos	D.N.I.	Teléfono	Fecha inicio	Fecha final	Dedicación (1)	Centro de trabajo
Nombre y Apellidos	D.N.I.	Teléfono	Fecha inicio	Fecha final	Dedicación (1)	Centro de trabajo

El delegado debe disponer de 15 horas para realizar su trabajo, así como también incluir dentro de ellas la función de representante de los trabajadores. La empresa XXXX tiene como delegado al técnico de planta, el cual debe de llevar reuniones en conjunto con el empresario para resguardar la seguridad de todos los trabajadores, como también debe de disponer su tiempo para evaluar causas de accidentes.

2.7. Responsabilidades y Funciones en materia preventiva

Se incluyen un listado de las funciones y competencias de cada grupo de la organización preventiva de la empresa, (la Dirección de la empresa, los responsables de las diferentes unidades funcionales, los mandos intermedios, los trabajadores, el Trabajador designado Coordinador de Prevención, Delegados de Prevención, Comité de Seguridad y Salud, Delegados mineros de seguridad, Director Facultativo).

Las responsabilidades en materia preventiva en una faena minera están reguladas principalmente por la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995, de 8 de noviembre), incluyendo el Real Decreto 863/1985, de 2 de abril, sobre actividades mineras.

Las responsabilidades y funciones en materia preventiva en una faena minera implican las actividades de la empresa, trabajadores, representantes de los trabajadores y servicios de prevención ajenos o propios

1. Empleador:

El empleador es responsable de garantizar la seguridad y salud de los trabajadores en la faena minera.

Debe realizar evaluaciones de riesgos laborales específicas para la actividad minera y adoptar las medidas necesarias para prevenir los riesgos identificados.

Debe proporcionar la formación y la información necesarias sobre los riesgos y medidas preventivas a los trabajadores.

2. Trabajadores:

Los trabajadores tienen la obligación de cumplir con las normas de seguridad y salud en el trabajo establecidas por el empleador.

Deben utilizar correctamente los equipos de protección individual (EPI) proporcionados.

Tienen derecho a participar en la identificación y evaluación de riesgos, así como en la implementación de medidas preventivas.

3. Delegados de Prevención:

Los delegados de prevención representan a los trabajadores en cuestiones de seguridad y salud en el trabajo.

Participan en la elaboración y revisión del plan de prevención de riesgos laborales.

Tienen derecho a realizar visitas e inspecciones de seguridad en la faena minera.

4. Servicios de Prevención:

Los servicios de prevención, internos o externos asesoran y apoyan al empleador en la gestión de la prevención de riesgos laborales.

Realizan evaluaciones de riesgos específicas para la actividad minera y proponen medidas preventivas adecuadas.

Colaboran en la vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a riesgos laborales.

5. Comité de Seguridad y Salud:

En las empresas se constituye un Comité de Seguridad y Salud donde participan representantes de la empresa y de los trabajadores.

El Comité tiene funciones consultivas y de supervisión en materia de prevención de riesgos laborales.

Es fundamental que todas las partes involucradas cumplan con sus responsabilidades y funciones en materia preventiva para garantizar condiciones de trabajo seguras y saludables en las faenas mineras. La Ley de Prevención de Riesgos Laborales en España establece el marco legal para promover una cultura de prevención y protección de la salud en el entorno laboral, incluyendo el sector minero.

En el caso de que ninguna de estas actividades se desempeñe bajo la ley, deberán ser penalizadas con multas, cierre de faena o la suspensión de las actividades por un periodo corto o indeterminado de tiempo.

2.8. Consulta y participación de los trabajadores

Según el artículo 33 de la Ley 31/1 995, el empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a distintos aspectos en materia de prevención de riesgos. En las empresas que cuenten con representantes de los trabajadores, dichas consultas se llevarán a cabo con dichos representantes.

Además, los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo (artículo 34 de la Ley 31/1995). En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

- ☐ Consulta a trabajadores o Delegado de Prevención sobre nombramientos.
- ☐ Comunicación de designación de persona responsable y/o de vigilante de seguridad y salud.
- ☐ Consulta a Delegado de Prevención sobre la elección de la modalidad preventiva de designación de trabajadores.
- ☐ Información de asignación de recursos económicos a la prevención de riesgos laborales.
- ☐ Información de responsabilidades.
- ☐ Otros

A continuación, se detallan algunas de las formas en que los trabajadores pueden participar y ser consultados según la ley:

-Delegados de Prevención:

- Los delegados de prevención son representantes de los trabajadores en materia de seguridad y salud laboral.
- Tienen derecho a participar en la elaboración y revisión de los planes de prevención de riesgos laborales en la empresa.
- Pueden realizar visitas e inspecciones periódicas en la mina para identificar riesgos y proponer medidas preventivas.

-Comité de Seguridad y Salud:

- En empresas de cierto tamaño, se constituye un Comité de Seguridad y Salud donde participan representantes de la empresa y de los trabajadores.
- El Comité tiene funciones consultivas y de supervisión en materia de prevención de riesgos laborales, incluyendo las actividades en la mina minera.
- Los trabajadores tienen derecho a ser representados en este comité y a participar activamente en las decisiones relacionadas con la seguridad y salud en el trabajo.

-Consulta y Participación en Evaluaciones de Riesgos:

Los trabajadores tienen derecho a ser consultados y participar en las evaluaciones de riesgos laborales específicas para la actividad en la minera.

Deben ser informados sobre los riesgos identificados y las medidas preventivas propuestas.

Su experiencia y conocimiento del trabajo diario en la mina son fundamentales para identificar riesgos potenciales.

-Formación e Información:

Los trabajadores tienen derecho a recibir formación e información adecuada sobre los riesgos laborales en la mina y las medidas de prevención.

Deben ser formados en el uso correcto de equipos de protección personal (EPI) y en procedimientos de trabajo seguros.

-Participación en la Vigilancia de la Salud:

Los trabajadores tienen derecho a participar en la vigilancia de la salud relacionada con los riesgos específicos de la actividad minera.

Deben ser informados sobre los resultados de los exámenes médicos y las medidas de protección necesarias.

3. Identificación de los peligros derivador de la actividad

3.1. Identificación de los lugares de trabajo

Se identifican los distintos lugares de trabajo existentes en el interior de la minera, donde se definen las características principales. Ello es necesario para realizar la evaluación general de riesgos en el puesto de trabajo.

El lugar de trabajo corresponde a las áreas del centro de trabajo edificadas o no, en los que los trabajadores deben permanecer o a las que puedan acceder debido a su trabajo.

Por tanto, los lugares de trabajo que se pueden identificar en un centro de explotación minero son: el frente de arranque, pistas de transporte, plantas de tratamiento, talleres, oficinas, almacenes, escombreras, balsas de lodos, tolvas y cargaderos, entre otros.

Vías de circulación pistas y accesos

Sí ☐ No ☐ NA ☐

Designación	Longitud	Anchura media

Taludes y alturas de banco

Sí ☐ No ☐ NA ☐

Nº bancos:	Talud medio de trabajo:
Altura media frentes:	Anchura media bancos:
Altura media bancos:	Anchura media bancos:

Plataformas en el frente de explotación

Sí ☐ No ☐ NA ☐

Nº plataformas:	Superficie de las mismas: m ²
-----------------	--

Zonas de peligro

Sí ☐ No ☐ NA ☐

Área de voladura ☐ Frente de explotación ☐ Balsa de decantación ☐ Escombrera ☐ Otros:			
Instalaciones / Establecimientos de beneficio Sí ☐ No ☐ NA ☐			
Planta de trituración ☐ Planta de clasificación ☐ Planta de lavado ☐ Planta de preparación ☐ Taller de corte ☐ Nave de elaboración ☐ Otros:			
Vías y salida de emergencia Sí ☐ No ☐ NA ☐			
Instalaciones sanitarias Sí ☐ No ☐ NA ☐			
Vestuario ☐	n°:	Lavabo ☐	n°:
Duchas ☐	n°:	Sanitario ☐	n°:
Puertas y portones Sí ☐ No ☐ NA ☐			
Rampas y escaleras fijas Sí ☐ No ☐ NA ☐			
Plataformas y andamios Sí ☐ No ☐ NA ☐			
Almacenes y talleres Sí ☐ No ☐ NA ☐			
Otros:			

3.2. Identificación de los puestos de trabajo

La empresa cuenta con 4 trabajadores contratados, por lo que cada uno tiene una tarea o trabajo determinado en la minera, como lo son:

Director Facultativo: Quien es el encargado de la supervisión de la mina y de la planificación diaria de explotación.

Perforista: Trabajador que dispone de tareas de perforación, preparación de área de trabajo, control de calidad, interpretación de planos, desarrollo de seguridad, entre otros.

Operario de Pala: Encargado de cargar material de forma segura y eficiente, donde debe colaborar con el equipo de trabajo en el frente de la explotación, como también se debe de asegurar del mantenimiento propio de la maquinaria.

Artillero: Profesional que manipula, prepara, planifica y detona explosivos en minería, bajo la supervisión de la guardia civil y del director facultativo.

3.3. Peligros en los lugares de trabajo y puesto de trabajo

Los peligros identificados en las labores de trabajo de una explotación minera son de un cuidado especial, dado que son consideradas en todo momento por la dirección facultativa. Esto introduce los riesgos a los que son expuestos los trabajadores.

En general se pueden contemplar muchos peligros en el área que se desenvuelven los trabajos, pero en general son;

- Peligros identificados.
- Colapso de excavaciones.
- Exposición a sustancias peligrosas.
- Accidente con maquinaria y/o equipos.
- Incendios o explosiones.
- Riesgos ergonómicos.
- Condiciones ambientales adversas.
- Derrumbes y deslizamientos.
- Problemas de salud de los trabajadores.
- Vías de acceso o salida.
- Ruido.
- Polvos y humos.
- Contactos eléctricos.
- Atrapamientos.

4.Evaluación de Riesgos Laborales en la Empresa

4.1. Evaluación general de los riesgos en la empresa

Una vez definidos, los lugares y puestos de trabajo, junto con sus riesgos identificados en cada uno de ellos, se debe proceder a la evaluación de dichos riesgos.

Por lo que cada riesgo estará determinado por tablas que verifiquen la evaluación del propio riesgo, donde están definidos en el art 16.1 de la Ley de Prevención de riesgos laborales del 31/95, donde la acción preventiva se planificará a partir de la evaluación inicial de riesgos.

MÉTODO SIMPLIFICADO INSHT NIVELES DE RIESGO				
PROBABILIDAD	CONSECUENCIAS			
		Ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino
	Baja	Riesgo trivial	Riesgo tolerable	Riesgo moderado
	Media	Riesgo tolerable	Riesgo moderado	Riesgo importante
	Alta	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable

NIVELES DE RIESGO ACCIÓN –TEMPORIZACIÓN	
RIESGO	ACCIÓN Y TEMPORIZACIÓN
Trivial	No se requiere acción específica
Tolerable	No se necesita mejorar la acción preventiva. Se deben considerar mejoras rentables
Moderado	Se debe reducir el riesgo y las medidas deben implantarse en un periodo determinado
Importante	No debe comenzar el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo.
Intolerable	No debe comenzar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo, si no es así debe prohibirse

4.2. Evaluación de los riesgos por puesto de trabajo

La evaluación de los riesgos define 6 etapas principales, las cuales son;

-Clasificación de actividades laborales

Antes de evaluar los riesgos en el trabajo, es crucial organizar una lista de actividades laborales de manera práctica y coherente:

- Actividades fuera de las instalaciones de la empresa.
- Etapas en la producción o prestación de servicios.
- Trabajos planificados y de mantenimiento.

- Tareas específicas, como las de los conductores de carretillas elevadoras.
- Para cada actividad, se debe recopilar información sobre:
- Descripción de las tareas, incluyendo duración y frecuencia.
- Ubicación donde se realizan las tareas.
- Personal encargado, ya sea permanente u ocasional.
- Personas que pueden verse afectadas por estas actividades.
- Capacitación recibida por los trabajadores.
- Equipos, maquinaria e instalaciones utilizadas.
- Herramientas manuales y motorizadas.
- Instrucciones de los fabricantes y proveedores.
- Características de los materiales manipulados.
- Tipos de energía utilizados.
- Medidas de control implementadas.
- Resultados de evaluaciones de riesgos previas.
- Organización del trabajo en el entorno laboral.

-Análisis de riesgos

Para cada peligro identificado, se estima el riesgo considerando la severidad del daño potencial (consecuencias) y la probabilidad de que ocurra el daño.

La severidad del daño se evalúa considerando qué partes del cuerpo podrían resultar afectadas y la gravedad del daño, clasificado en categorías desde ligeramente dañino hasta extremadamente dañino.

La probabilidad de que ocurra el daño se clasifica en alta, media o baja, dependiendo de cuán probable sea que ocurra el incidente.

Se utiliza un método simple para estimar los niveles de riesgo según la combinación de la probabilidad estimada y las consecuencias esperadas del daño. Este enfoque sistemático ayuda a priorizar los peligros y tomar medidas preventivas adecuadas para mitigar los riesgos en el entorno laboral.

-Valoración de los riesgos

Se utiliza un criterio sugerido como punto de partida para tomar decisiones respecto a la gestión de riesgos. Esto implica evaluar el nivel de esfuerzo requerido y la urgencia con la que se deben aplicar las medidas de control en función del riesgo identificado.

Es esencial que los recursos se asignen de manera adecuada, priorizando las acciones en función de la gravedad de los riesgos específicos presentes en la mina. Este enfoque garantiza una gestión eficaz y enfocada en la prevención de accidentes y la protección de la salud de los trabajadores en el entorno minero.

-Preparar un plan de control de riesgos

Para el plan de control de riesgos se deben de considerar los supuestos anteriormente señalados y exponer la identificación de peligros, definición más exhaustiva de controles, implementar medidas de control, monitoreo de actividades, revisión de maquinarias y la propia comunicación con los trabajadores de la faena en cuestión.

-Revisión

Es esencial que cada apartado debe ser implementado bajo las normativas de seguridad y exponer de una manera detallada y clara para que la revisión de dicho plan conceptué una buena operación.

Todo ello queda reflejado en la siguiente ilustración.

PROBABILIDAD DE ACCIDENTE			
CORRELACIÓN VALORES SUBJETIVOS-NUMÉRICOS			
Descripción	Nivel	Frecuencia de ocurrencia	Cuantificación de la probabilidad
FRECUENTE	A	MUY ALTA	$>10^{-1}$ sucesos/unidad de tiempo
PROBABLE	B		$>10^{-2}$ sucesos/unidad de tiempo
OCASIONAL	C	MEDIA	$>10^{-3}$ sucesos/unidad de tiempo
REMOTA	D		$>10^{-4}$ sucesos/unidad de tiempo
IMPROBABLE	E	MUY BAJA	$>10^{-6}$ sucesos/unidad de tiempo
A- Normalmente ocurre con frecuencia, experiencia continuada B- Sucederá varias veces en la vida de un sistema C- Probablemente sucederá alguna vez en la vida del sistema D- No es probable que suceda pero es razonablemente esperable en la vida del sistema E- No es probable que suceda, aunque sería posible, a pesar de que no se tiene experiencia en tales acontecimientos en este ámbito de trabajo.			

5. Prevención de Riesgos en la Empresa

5.1. Planificación de la acción preventiva

Para elaborar un plan efectivo de control de riesgos en una empresa minera, se debe considerar lo prescrito en el punto 1 de la legislación vigente en su art 15 b) y 16 del a L.P.R.L, art 2 del Reglamento de los servicios de prevención y art 3.2 del R.D 1389/1997:

-Identificación y Evaluación de Riesgos:

Inicia con una identificación exhaustiva de los riesgos tanto generales como específicos por puesto de trabajo en la mina.

Evalúa la gravedad y probabilidad de cada riesgo para determinar las medidas preventivas necesarias.

-Implantación de Medidas Preventivas:

Se basa en la evaluación de riesgos, implementa medidas preventivas para eliminar o reducir los riesgos identificados.

Estas medidas deben ser planificadas de manera anticipada dentro de un programa de acciones con fechas de ejecución específicas, priorizando según la magnitud del riesgo y el número de trabajadores afectados.

-Planificación de Actividades Preventivas:

Para cada medida preventiva, establece claramente los objetivos que se persiguen.

Define el plazo de ejecución, designa a los responsables y asigna los recursos humanos, materiales y económicos necesarios para su implementación.

-Seguimiento y Control Continuo:

Para garantizar el cumplimiento de las actividades preventivas en los plazos establecidos, se debe de realizar un seguimiento continuo.

Establece controles periódicos para monitorear el progreso y detectar cualquier desviación.

En caso de desviaciones, es necesario implementar medidas alternativas según sea necesario para mantener la seguridad en la mina.

-Cumplimiento Normativo:

Se debe asegurar de que todas las actividades preventivas cumplen con las normativas y estándares de seguridad aplicables en la industria minera.

Este enfoque sistemático y proactivo en la gestión de riesgos en una mina garantiza la implementación efectiva de medidas preventivas para proteger la salud y seguridad de los trabajadores. La planificación detallada y el seguimiento continuo son fundamentales para

mitigar los riesgos asociados con las operaciones mineras y mantener un ambiente de trabajo seguro y productivo.

Si no existen medidas correctoras o anticipadas, pueden llevar a un accidente que pudo ser evitado por lo que el riesgo que corre la empresa de no anticiparse al suceso puede llevar consigo una multa de caracteres grandes en cuanto a dinero o en caso extremo el cierre de la faena.

5.2. Medidas de prevención y protección para las condiciones generales y lugares de trabajo

Se establecen medidas de prevención y protección específicas para una explotación minera, en función de los riesgos identificados durante la evaluación de riesgos. Estas medidas abarcan:

- Acciones materiales destinadas a eliminar o reducir los riesgos en su origen.
- Implementación de prácticas, procedimientos, procesos y recursos necesarios para actividades preventivas.
- Aplicación de las Disposiciones Internas de Seguridad propias de la mina.
- Formación e información adecuada de los trabajadores.
- Actividades de vigilancia de la salud de los empleados, entre otros aspectos relevantes.

Cada medida preventiva y de protección incluye:

- Una descripción detallada de la acción.
- Recursos materiales y humanos necesarios para su implementación.
- Priorización de la medida en función de su importancia.
- Áreas específicas o puestos de trabajo afectados por la medida.
- Responsable o responsables designados para llevar a cabo la implementación.
- Plazo de ejecución definido

5.3. Medidas de prevención y protección para trabajadores singulares

En el contexto de una faena minera, según lo establecido en el artículo 25 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, el empresario tiene la responsabilidad de garantizar de manera específica la protección de la salud de trabajadores singulares que puedan encontrarse en el centro de trabajo. Estos trabajadores incluyen:

Mujeres embarazadas y madres lactantes.

Personas con discapacidades.

Trabajadores especialmente sensibles a ciertos riesgos, como exposición al polvo o al ruido.

Para proteger la salud de estos trabajadores, el empresario debe considerar sus características personales en las evaluaciones de riesgos y adoptar las medidas preventivas y de protección necesarias.

La detección de trabajadores singulares del tercer tipo se realiza mediante exámenes establecidos dentro del programa de Vigilancia de la Salud.

La gestión preventiva de los casos de trabajadores singulares implica identificar a estos trabajadores, los puestos de trabajo que ocupan y las medidas específicas de prevención y protección que deben implementarse en función de sus necesidades.

Este enfoque asegura que los trabajadores singulares reciban la protección y atención necesarias para mantener un entorno laboral seguro y saludable en el ámbito minero.

6. Coordinación de Actividades Empresariales

6.1. Medios de Coordinación establecidos

En cumplimiento del artículo 24 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales, los empresarios concurrentes en el centro de trabajo establecerán los medios de coordinación para la prevención de riesgos laborales que consideren necesarios y pertinentes.

Al establecer los medios de coordinación se tendrán en cuenta el grado de peligrosidad de las actividades que se desarrollen en el centro de trabajo, el número de trabajadores de las empresas presentes en el centro de trabajo y la duración de la concurrencia de las actividades desarrolladas por tales empresas.

- ☐ Las reuniones periódicas conjuntas de los Comités de Seguridad y Salud de las empresas concurrentes o, en su defecto, de los empresarios que carezcan de dichos comités con los Delegados de Prevención.
- ☐ El intercambio de información y comunicaciones entre las empresas concurrentes.
- ☐ La impartición de instrucciones.
- ☐ El establecimiento conjunto de medidas específicas de prevención de los riesgos existentes en el centro de trabajo que puedan afectar a los trabajadores de las empresas concurrentes o de procedimientos o protocolos de actuación.
- ☐ La presencia en el centro de trabajo de los recursos preventivos de las empresas concurrentes.
- ☐ La designación de una o más personas encargadas de la coordinación de las actividades preventivas.

6.2. Procedimientos de Coordinación

Las empresas contratistas o subcontratistas deben cumplir con la normativa de prevención de riesgos laborales en su actividad desarrollada en el centro de trabajo principal. Se debe establecer un procedimiento de vigilancia que incluya las medidas específicas, donde se designen los responsables.

Los procedimientos de coordinación con las diferentes contratistas incluyen el propio intercambio de documentación, evaluación de riesgos, planificación, seguridad, circulación, procedimientos de trabajo, instrucciones, DIS y autorizaciones de trabajo.

Estos procedimientos pueden ajustarse mediante actas de Coordinación específicas. Esto asegura una coordinación efectiva entre todas las partes.

6.3. Cooperación, instrucciones y vigilancia en relación con las empresas contratadas

La empresa titular o explotadora de un centro minero entrega documentación a las empresas contratadas, incluyendo normas internas de seguridad, normas de circulación, procedimientos de trabajo, instrucciones, disposiciones internas de seguridad y autorizaciones para operaciones especiales. A su vez, las empresas contratistas proporcionan documentación general sobre la empresa, información sobre el personal y detalles relacionados con la maquinaria y equipos a utilizar.

El empresario titular debe vigilar el cumplimiento de la normativa de prevención de riesgos laborales por parte de las empresas contratistas que operan en su centro de trabajo.

El Director Facultativo y el Jefe de Mina, deben comprobar que durante toda la permanencia de los trabajadores en mina se cumplan las normas de seguridad establecidas, paralizando e informando de cualquier incumplimiento al mando directo del trabajador y al servicio de prevención de la empresa principal o de cualquier otra situación de riesgo que pueda darse en las instalaciones. El coordinador de seguridad realiza visitas de inspección para asesorar y comprobar el cumplimiento de lo anteriormente descrito. El deber de vigilancia y control se extiende a cada uno de los trabajadores tanto externos como internos.

7. Prácticas y Procedimientos para la actividad preventiva

7.1. Procedimientos de trabajo, instrucciones y autorizaciones

Las normas cumplimiento obligatorio para cada lugar de trabajo, deben garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores como también la utilización segura de los equipos e instalaciones, las cuales están contenidas en las DIS, según lo descrito en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en el establecimiento de una política preventiva (Capítulos IV y V) y siguientes.

7.2. Disposiciones Internas de Seguridad (DIS)

Considerando el Real Decreto 1389/97 en su artículo 10 que señala las respectivas disposiciones de seguridad y salud del ambiente en el que se desarrolla el trabajo, las cuales se manifiestan en el anexo A, C y siguientes.

Todo trabajo debe contener una DIS mínimas que deben ser desarrolladas por la Dirección Facultativa, donde se consideren la seguridad en todo momento del o los trabajadores de la empresa.

☐ Organización de seguridad del personal fijando responsabilidades y atribuciones de los distintos escalones jerárquicos.
☐ Uso obligatorio de equipos de protección individual (EPIs).
☐ Operaciones de mantenimiento de pistas de la explotación
☐ Operación de vertido (acceso, lugar y forma de proceder).
☐ Regulación de tráfico y señalización
☐ Programa y normas para las reparaciones, mantenimientos y revisiones de vehículos y maquinas de la explotación.
☐ Trabajos en proximidades de líneas eléctricas aéreas.
☐ Utilización de equipos de carga como aparatos de elevación.
☐ Circulación del personal y del material.
☐ Las medidas a tomar cuando circunstancias excepcionales alteren el orden normal del trabajo.
☐ La prevención y lucha contra incendios
☐ Los movimientos de maquinas
☐ El saneamiento y seguridad de los frentes y taludes
☐ La prevención y lucha contra el polvo
☐ El reconocimiento de las labores y del ambiente
EXPLOSIVOS:

LF-DIS-1 Accidente, Incidente

1.1. Comunicación de Accidentes

Todo accidente deberá ser reportado a la Dirección Facultativa.

1.2. Comunicación de Incidentes

Todo incidente será igualmente comunicado a la Dirección Facultativa, con el objetivo de estudiar e implementar todas las medidas necesarias para mejorar la seguridad en el trabajo.

LF-DIS-2 Normas Básicas de Acceso

Todas y cada una de las siguientes normas son de obligado cumplimiento dentro del proyecto de La Fregeneda.

No obstante, la Dirección Facultativa podría designar áreas o lugares de trabajo en los que se exima del cumplimiento de alguna de estas normas.

2.1. Requisito de Entrada Proyecto La Fregeneda

Todo trabajador debe ser informado y debe entender los riesgos de su puesto de trabajo, así como todas las normas aplicables de seguridad antes de iniciar sus trabajos.

Toda persona debe recibir un ejemplar de este documento antes de acceder a la explotación minera. Asimismo, debe tener pleno conocimiento de cada una de las normas y recomendaciones de seguridad que en él se exponen.

Los trabajadores deberán tener conocimiento mínimo del idioma castellano o bien deberán estar siempre acompañados por una persona que pueda actuar como interprete al castellano, de forma que no implique un riesgo ni para el trabajador ni para el resto del personal que trabaje en la Concesión Minera.

2.2. Tarjeta Identificación

Toda persona que acceda al proyecto La Fregeneda deberá tener autorización previa y tarjeta de identificación.

2.3. Equipos de Protección Personal (EPI's)

En cualquier área de trabajo, Mina y Planta, Es necesario ir equipado con:

- Ropa Reflectante
- Casco
- Gafas de Seguridad
- Calzado de Seguridad
- Protector Auditivo y Guantes, cuando sea necesario

En la zona de oficinas no será necesario portar EPI's, salvo que se esté realizando algún tipo de trabajo, para lo cual será obligatorio.



2.4. Ropa de Trabajo

La ropa de trabajo deberá cubrir las extremidades inferiores y las superiores hasta los codos. No se usarán prendas holgadas que puedan provocar atrapamiento.

2.5. Condiciones Físicas

No se accederá al recinto minero en caso de fatiga, sueño o falta de reflejos debido a algún medicamento. Está terminantemente prohibido el consumo de alcohol o drogas en el interior de la concesión minera. No podrán entrar aquellas personas que presenten síntomas de embriaguez o se encuentren bajos los efectos de las drogas.

Está terminantemente prohibido dormir en las instalaciones de La Fregeneda.

2.6. Fuego

Está prohibido encender cualquier tipo de fuego para eliminar residuos, calentarse o alumbrar.

No está permitido fumar salvo en los lugares habilitados para ello.



LF-DIS-3 Normas de Tránsito

3.1. Permiso de Conducir

Ninguna persona podrá conducir en el área del proyecto de La Fregeneda sin posesión del Permiso Nacional de Conducción o equivalente. La falta del documento implica la prohibición de conducir en la mina.

3.2. Tipos de Vehículos Ligeros Autorizados a Circular

En la mina La Fregeneda sólo se permitirá el acceso al área delimitada como mina, a vehículos ligeros del tipo “todo-terreno”. El objetivo es impedir el atollo de vehículos inadecuados en las zonas de tránsito de la maquinaria pesada.

3.3. Elementos que deben portar los vehículos ligeros

Todos los vehículos ligeros que ingresen a la mina deberán portar. Con objetivo de aumentar la visibilidad de los mismos entre la maquinaria.

Rotativo. Será luminoso y de color anaranjado.

Pértiga. Constará de una bandera reflectante.

Extintor. Todo automóvil debe constar de un extintor ante cualquier emergencia.

Botiquín de primeros auxilios

En la zona de Planta/Construcción, todos los vehículos utilizarán rotativo luminoso y en caso de no disponer de él en ese momento, deberán circular con las luces encendidas y las luces de emergencia. Esta excepción sólo tendrá validez por un día.

Los vehículos de planta están exentos de circular con pértiga y bandera reflectante, salvo que estén trabajando en zonas de equipo pesado.

Los camiones o vehículos que entren a la zona de planta por primera vez deberán ser escoltados por el correspondiente responsable para asegurar un tráfico efectivo.

3.4. Estado del vehículo

Es obligatorio chequear el vehículo previamente a la entrada a la explotación, comprobando niveles de fluido, luces, frenos y neumáticos.

3.5. Cinturón de Seguridad

Es obligatorio el uso del cinturón de seguridad para circular.

3.6. Luces de trabajo

Los vehículos ligeros deberán circular con las luces de cruce encendidas en toda el área de operación minera.



3.7. Sentido de Circulación

En la mina Las Cruces, todos los vehículos circulan por el lado derecho de la pista, tanto los vehículos ligeros como la maquinaria pesada.

3.8. Velocidad

El límite de velocidad establecido en la mina La Fregneda es de 40 kilómetros por hora. Se deberán respetar todas las señales existentes en la explotación.

Esta velocidad se reducirá convenientemente en caso de baja visibilidad por niebla o polvo, o por condiciones irregulares del terreno.



3.9. Distancia Seguridad. Visibilidad

Guardará una distancia de seguridad con los equipos pesados de al menos 50 m.

Siempre que se circule detrás de algún vehículo o unidad de transporte, se debe asegurar de ver el espejo retrovisor izquierdo, para permitir al vehículo delantero que lo vea perfectamente.

Nunca se circulará dentro de la nube de polvo que pueda dejar otro vehículo o máquina pesada.

3.10. Adelantamiento

En general, está prohibido adelantar en el proyecto minero de La Fregneda. Sólo en aquellos casos en los que un vehículo circule a una velocidad reducida, se permitirá el adelantamiento si éste es solicitado y autorizado a través de la emisora.

No se puede adelantar a un volquete o camión de minería.

3.11. Estacionamiento

Todos los vehículos deben ser aparcados/estacionados en retroceso, para permitir una mejor visibilidad de la puesta en marcha a la vez que una mayor rapidez de movimientos en caso de peligros o emergencias.

No se aparcará en áreas de maniobra de maquinaria pesada. Estas máquinas tienen ángulos muertos de visión de gran amplitud.

No se debe aparcar el vehículo en ninguna pista de circulación; solamente se podrá hacer en plataformas o áreas donde no haya tránsito de maquinaria.

3.12. Maniobra de Marcha Atrás

Debe evitarse por todos los medios incurrir en maniobras que impliquen retroceso (marcha atrás) dentro de la zona del proyecto. Estas sólo deben efectuarse en caso de absoluta necesidad.

3.13. Averías

Si su vehículo se avería y queda inmovilizado en un lugar de paso de maquinaria, deberá poner las luces de emergencia, señalizarlo y comunicarlo a la supervisión mina a través de la emisora.

3.14. Emergencias

Ante la aproximación de un vehículo que circule con una emergencia, todos los demás vehículos deberán cederle el paso e incluso detenerse si fuera necesario.

3.15. Tránsito a Pie

En general, está prohibido transitar a pie por las pistas de circulación. Solamente personal autorizado por razones de trabajo (mecánico, topógrafo, geólogos, etc.) podrá hacerlo correctamente equipado y con emisora portátil.

Siempre que se camine por el área de la mina, se deben portar los EPI's correspondientes. Se debe evitar el recorrido de distancias excesivas, procurando caminar lo menos posible y lo más cercano posible al coche.

3.16. Circulación y Transporte del Personal

El personal sólo podrá trasladarse de un punto a otro de la mina en vehículo ligero. En un vehículo puede viajar como máximo, el número de personas para el que está habilitado.

Está prohibido transportar personas en vehículos no habilitados para ello.

3.17. Áreas Restringidas

Área restringida es aquel lugar al cual sólo se puede acceder con la correspondiente autorización. El área restringida debe estar debidamente señalizada y demarcada y para ello se pueden usar cintas reflectantes, conos, barreras, cordones de tierra, señales de advertencia o cualquier otro elemento que indique una restricción al paso.

Son áreas restringidas de la operación minera:

Áreas de carga y vertido

Zona de perforación

Zona de carga de explosivo

Talleres de maquinaria pesada

Gasolinera y zonas de reportaje de camiones

Área de bombeo del Sistema de Drenaje-Reinyección

Cualquier otra zona que esté señalizada como tal.

El permiso acceso a las áreas restringidas debe ser concedido por la persona responsable en cada situación, siendo principalmente el Jefe de Turno de Mina o el Supervisor Mina (La Fregeneda).

3.18. Cables Eléctricos, Bandejas

Nunca circulará por encima de cables eléctricos de alimentación. Sólo podrá atravesar las bandejas y/o cables eléctricos del sistema de drenaje por los puntos habilitados para ello.

3.19. Uso de la Radio Frecuencia en Mina

Todo vehículo debe constar de una radio de trabajo con los canales correspondientes a la mina.

Canal 1. La Fregeneda.

Canal 2. Operación Mina.

Todo vehículo debe circular por la mina con la radio en frecuencia N° 2. Cualquier comunicación relativa a movimientos, transporte o condiciones de riesgo debe emitirse por este canal.

La persona o el grupo de personas que se alejen caminando de un automóvil deben portar un radio manual para permanecer en comunicación permanente.

3.20. Uso del Teléfono Móvil y Otros

No está permitido el uso del teléfono móvil ni la tenencia de auriculares, revistas, libros o cualquier cosa que pueda distraer la actividad del conductor durante el trabajo. Para hablar por teléfono, será necesario detenerse en una zona libre de riesgo.



3.21. Preferencia de Circulación

Siempre se dará preferencia de circulación a la maquinaria pesada.

3.22. Áreas de Carga y Vertido

Las zonas de carga y vertido son de acceso restringido.

Si necesita entrar en un área de carga de una máquina, solicítelo al operador de la máquina a través de la emisora. Espere la confirmación del operador.

Mantenga la máxima distancia con los equipos de transporte y sitúese en una zona visible para todos los operadores.

3.23. Equipo Pesado en Avería

Cuando un equipo pesado se encuentre averiado en una pista nunca aparcará delante de él si la pista es de bajada, ni detrás si la pista es de subida, debido al riesgo de fallo de los frenos del equipo.

3.24. Bancos, bermas, taludes

Está prohibido estacionar el vehículo al pie de cualquier talud, debido al peligro de desprendimientos.

Está prohibido acceder a las bermas de la mina. Solamente se podrá acceder con el correspondiente permiso de la Supervisión Mina.

LF-DIS-4 Normas para Explosivos y Voladuras

4.1. Zona de Voladura

La zona de voladura es un área restringida y por tanto estará claramente delimitada.

El director facultativo de la voladura es el responsable de esta zona. No se permitirá el acceso de personal ajeno a la voladura. Sólo lo podrán hacer las personas autorizadas por la dirección facultativa.

La zona de voladura se señalizará claramente con banderolas o conos, y carteles de zona de voladuras.



Está terminantemente prohibido fumar en la zona de voladuras.

4.2. Personal de Voladura

Sólo podrán manipular explosivos las personas con el correspondiente carné de artillero, bajo responsabilidad y control del Jefe de Voladuras.

- Como elementos de protección, el personal utilizará:
- Calzado de características especiales (Antiestático)
- Ropa sin ningún tipo de fibra sintética o mezcla de la misma.
- Protectores de cara y manos
- Todos los elementos de protección comunes para el resto del personal

4.3. Manipulación de Explosivos

El explosivo se situará en los puntos de carga, en sus cajas o envases originales y de fábrica y no se abrirán más cajas que las que se vayan a utilizar.

Para la apertura de las cajas de explosivo no podrán emplearse herramientas construidas con materiales metálicos o capaces de producir chispas.

Tan pronto llegue el material de pega al lugar de trabajo, se depositarán los detonadores en sus envases originales, en lugar seguro.

Estos envases se situarán a una distancia de al menos 50 m del emplazamiento de los barrenos más próximos, y del lugar en que estén depositados los explosivos y no serán abiertos hasta el momento de proceder a la preparación de los cartuchos-cebo.

No deberán golpearse nunca los explosivos, detonadores o cordón detonante.

4.4. Transporte de Explosivos

Los detonadores no podrán ser transportados bajo ningún pretexto, junto con ningún otro tipo de explosivo.

Ningún otro vehículo ni maquinaria pesada que transite por la mina se acercará a una distancia menor de 100 m de los vehículos especiales de transporte de explosivos.

4.5. Carga de Barrenos

Generales

En un tajo de voladura nunca podrá coincidir la descarga del explosivo con la terminación de la perforación.

Está prohibido fumar en las inmediaciones de cualquier explosivo.

No se debe golpear ningún tipo de explosivo, detonador o cordón detonante.

Los explosivos transportados a la zona de vigilancia no deben quedar sin vigilancia bajo ningún concepto.

Conexión de Detonadores No Eléctricos

Antes de realizar el conexionado, se habrá terminado de realizar totalmente la carga de la voladura y se habrán retirado todos los materiales sobrantes.

En el conexionado de voladuras sólo intervendrá personal designado por el Jefe de Voladura.

La operación de conexionado se hará lo más rápidamente posible y de una sola vez., para lo cual antes de comenzar se tendrán todos los útiles necesarios.

4.6. Peligro de Tormenta

En caso de tormenta y si existe algún disparo cargado en la mina, se procederá a la evacuación de la misma. La operación se retomará una vez se haya alejado la tormenta.

4.7. Proceso de Voladura

4.7.1. Aviso de Voladura

Desde el inicio del día de voladura, estará visible el aviso de voladura. Éste consistirá en un cartel a la entrada de la mina, en el cual se avise del lugar y horario de la voladura.

4.7.2. Horario de Voladura

El horario preferencial de voladura será al comienzo de la tarde, sobre las 13:30 horas. No obstante, y debido a requerimientos de la operación, podría llegar a darse voladuras en otros horarios, siempre con luz solar.

4.7.3. Evacuación. Corte de Voladura.

Antes de cargar la voladura, se deberá coordinar qué zonas han de ser evacuadas y cuáles serán los puntos de control.

La evacuación del personal y maquinaria de las inmediaciones de la voladura y el corte de los accesos deberá seguir un orden lógico y progresar de menor a mayor distancia de la zona de voladura. Desde ese momento se suprimirán los desplazamientos por dicha zona, incluso para el personal y vehículos del equipo de voladuras.

Desde comienzo de la mañana, el Director Facultativo de Voladura coordinará con el resto de la supervisión, el control de áreas del proyecto que pueda verse afectadas por la voladura. Se especificarán los puntos de corte de acceso y áreas a evacuar.

4.7.4. Uso de Emisoras

Desde el comienzo del proceso de evacuación y durante todo el proceso de voladura, el uso de las emisoras quedará restringido al personal que realiza esa operación.

4.7.5. Disparo de Voladura

La mina quedará evacuada 15 minutos antes del disparo de la voladura.

Una vez se haya comprobado a pie de campo que la evacuación es completa, se iniciará el proceso de voladura.

- Se procederá a realizar un aviso acústico:
- 10 minutos antes de la voladura.
- 5 minutos antes de la voladura.
- Justo antes de la voladura, 1 aviso continuo.
- Una vez accionada esta sirena se prohíbe el movimiento o circulación de vehículos o máquinas.
- Al llegar al momento de cuenta atrás, esta será anunciada por emisora.
- Será únicamente el Director Facultativo de la voladura o una persona por él designada, la única persona de la orden de disparar la voladura.

4.7.6. Apertura del Área de Voladura

Dada la voladura, los responsables de los accesos esperarán el aviso del técnico responsable de la voladura antes de dejar libre paso.

El artillero revisará la zona volada. Si algún barreno falla, no se reanudará el trabajo en sus proximidades, hasta haberlo hecho inofensivo.

Cuando la inspección sea satisfactoria, se dará permiso para la reanudación de los trabajos a través de la emisora y de 3 pitidos consecutivos de sirena.

Cualquier circunstancia anómala relacionada con la voladura o el explosivo será comunicada inmediatamente a la supervisión.

LF-DIS-5 Normas en Operación Mina

5.1. Permisos, Autorizaciones

Por ningún motivo, el operador permitirá que otras personas ajenas no autorizadas operen la máquina. Durante la operación, ninguna otra persona podrá subir o permanecer en la máquina. Sólo con la correspondiente autorización del jefe de turno y si la cabina dispone de asiento de acompañante.

5.2. Inicio y Fin del Trabajo. Condiciones del terreno

5.2.1. Inicio del Trabajo

Antes de subir a la máquina, el operador debe asegurarse de que la zona inmediata está despejada y libre de personas.

Se observará el perímetro de la máquina, visualizando los depósitos de combustible e hidráulico y cualquier otra fuga que pueda existir en la máquina.

5.2.2. Subir y Bajar de la Máquina

Para subir y bajar de la máquina se usarán las escaleras y asideros dispuestos para ello, y de frente a la máquina. Siempre se mantendrán tres extremidades apoyadas nunca se saltará de la máquina al suelo. No deben usarse las cubiertas o guardabarros.

5.2.3. Cambio de Relevó

Al estacionar la maquinaria para proceder al cambio de relevó o en cualquier otra ocasión, el operador deberá salir hacia la parte de atrás por detrás de la berma de material y nunca hacia delante. En las plataformas de cambio de turno, se habilitará una zona por detrás de la batería de camiones por la que circularán los vehículos de retirada del personal.

Durante el cambio de turno, ningún vehículo circulará por la parte frontal de la maquinaria, ante el riesgo de atropello.

En las plataformas de cambio de turno y en el taller, existirá una zanja, tope o cuña, que impida el movimiento del camión una vez esté sin operador.

5.2.4. Condiciones del Terreno

Al finalizar cualquier tarea o si por motivo de avería debe bajar de la máquina, se asegurará de que el terreno está en buenas condiciones, para poder bajar de la máquina con absoluta normalidad.

Si la máquina queda averiada en una zona con terreno irregular, se deberá mover la máquina hasta una zona en buenas condiciones. De ser imposible, se intentará adecuar la zona con los útiles de la máquina (Cazo, cuchilla, etc.) En último caso, se solicitará ayuda externa a los mecánicos o a la supervisión para que se le facilite la bajada de modo seguro.

5.2.5. Condiciones del Equipo

Antes de poner la máquina en marcha, comprobará que todos los dispositivos de control como frenos, luces, dirección, alarma de marcha atrás, indicadores, etc., funcionan correctamente. Revisará diariamente los dispositivos contra incendios obligatorios (debe existir al menos un extintor).

No tratará de realizar ajustes con la máquina en funcionamiento y/o en movimiento. No operará con la máquina en estado de avería o semi-avería.

5.2.6. Puesta en Marcha

Antes de iniciar el movimiento de la máquina se dará un toque de bocina como medida de seguridad.

5.3. Emisora

Todos los equipos pesados deben disponer de emisora. Si la emisora base se avería, se le facilitará una emisora portátil.

Toda máquina que no tenga emisora será considerada máquina averiada y no podrá trabajar mientras tanto.

5.4. Operación de Carga

5.4.1. Inicio del Trabajo

Antes de poner el equipo en movimiento, el operador debe revisar alrededor de éste, detectando cualquier interferencia que impida su normal desplazamiento.



5.4.2. Carga de Camión

Está prohibido pasar el cazo por encima de la cabina del equipo de transporte.

5.4.3. Carga de Rampas, Corte de Caminos

Si por algún motivo, debiera cargarse una rampa o cortarse un camino, se procederá a cortar dicho camino físicamente mediante un cordón de tierra u otro elemento físico.

Cualquier carga en caminos o rampas, deberá ser autorizada y controlada por un Supervisor de Operación.

5.4.4. Durante el trabajo

Esta absolutamente prohibido salir de la cabina del camión durante la operación de carga.

5.5. Operación de Transporte

5.5.1. Inicio del Trabajo

Antes de poner en movimiento el camión, debe dar un bocinazo.

Se debe revisar la zona del equipo para detectar cualquier interferencia que impida su normal desplazamiento.

Si se encuentra en una plataforma de relevo o de cambio de turno, se debe respetar el orden de salida.

5.5.2. Averías

Si un camión queda en avería en cualquier pista con pendiente, deberá girar las ruedas del camión hacia el cordón de borde de la pista. El operador del camión deberá avisar por radio de la situación del equipo y nunca se bajará hasta que un equipo de servicio coloque un montón de tierra que contenga el posible desplazamiento del camión.

5.5.3. Zona de Carga

Cuando se coloque al lado de la pala o excavadora, obedezca las señales del operador del equipo de carga. Mantenga una amplia distancia con los otros camiones que se encuentren en la zona.

Si la cargadora está cargando otro camión, el siguiente camión se situará de forma que pueda ver las dos máquinas que están operando: no comenzará la maniobra de situación hasta que no salga del lugar de carga el primero.

5.5.4. Circulación

Todo operador debe conducir su equipo por el lado derecho. Las curvas deben tomarse con velocidad moderada y por su pista de circulación.

Los camiones deben circular separados entre sí, a una distancia que les permita en todo momento reaccionar en forma segura ante una situación de emergencia (50 m en subida y

100 m en bajada). Estas distancias mínimas deberán ser aumentadas cuando las condiciones del tiempo o del terreno así lo requieran.

Está estrictamente prohibido el adelantamiento entre camiones de transporte. El adelantamiento entre camiones debe realizarse sólo cuando el vehículo que va delante interrumpa la operación (avería, etc.), se detenga a un lado y autorice por la emisora a adelantarlo.

No debe estacionar en el camino ni detenerse en las curvas. El operador debe informar cualquier anomalía que observe en su trayecto (polvo, piedras, grietas, problemas con otro equipo, etc.) al Jefe de Turno.

Nunca se debe circular con la caja levantada.

Al enfrentarse o cruzarse dos camiones, siempre tendrá preferencia el que va cargado y en subida/bajada el que vaya subiendo.

En las pistas de circulación los giros en U (180°) quedan prohibidos salvo en las plataformas habilitadas para ello o en lugares de amplia visibilidad, previa comunicación.

Por ningún motivo, se detendrán dos camiones uno junto al otro en las zonas de carga o cuando se enfrenten en una pista.

5.5.5. Emergencia

Si por fallos en el motor y/o el sistema de frenado en bajada, se incurre en una situación de emergencia, se debe dirigir el camión hacia el cordón de seguridad para intentar frenarlo, siempre hacia el lado del talud.

5.6. Operación de Vertido

Los camiones deben vaciar por orden de llegada. Los camiones deben circular a una distancia mínima de 50 m en la zona de vertido.

Las zonas de vertido estarán protegidas con cordones de seguridad. La altura de estos equivaldrá a la altura del eje de la rueda de un camión de transporte.

Si se observa que existe riesgo para verter debido a la inexistencia de cordón, grietas u otras anomalías se debe avisar al Supervisor, y vaciar la carga sobre la plataforma.

5.7. Estándares Pista

En la mina Las Cruces, el ancho de pistas estará de acuerdo con la ITC correspondiente.

Todas las pistas deberán tener cordón de seguridad a ambos lados, estar debidamente señalizadas y correctamente niveladas para impedir la acumulación de agua. Todas las pistas deberán tener cunetas de desagüe.

5.8. Operación de Equipo de Servicio

5.8.1. Inicio del Trabajo

Antes de subir a la máquina, el operador debe revisar la zona del equipo, detectando cualquier interferencia que impida su normal desplazamiento.

5.8.2. Durante el Trabajo

Está prohibido transportar personal en la cabina o en las plataformas de los equipos de servicio, a menos que exista una autorización expresa para ello.

5.8.3. Averías

Si un equipo de servicio queda averiado en cualquier pista, deberá avisar por radio de la situación del equipo y se establecerá un área restringida (señalizada) si interrumpe el normal desarrollo del tráfico.

5.8.4. Estacionamiento

Se entenderá que un equipo de servicio está estacionado (detenido) solamente cuando sus útiles de trabajo estén clavados en el suelo. En el caso del tractor, deberá bajar la hoja y en el caso de la niveladora deberá clavar los rippers.

5.8.5. Adelantamiento

Un equipo de servicio no podrá adelantar a ningún otro vehículo en la mina. Sólo cuando este esté averiado o detenido por algún motivo, se podrá realizar el adelantamiento comunicándolo por emisora.

5.8.6. Circulación

Los equipos de servicio, tales como moto niveladora, rodillo y camión de riego deben trabajar siempre en el sentido del tráfico, es decir por la derecha, excepto cuando se establezca un área restringida debidamente señalizada para la reparación de caminos y pistas.

5.8.7. Corte de Rampas y Caminos

Si por algún motivo, se iniciara un trabajo en una rampa o camino, se procederá a cortar dicho camino físicamente mediante un cordón de tierra u otro elemento físico.

Cualquier trabajo en caminos o rampas, deberá ser autorizado y controlado por un Supervisor de Operación.

5.9. Operación de Perforación

5.9.1. Área de Perforación

La zona de perforación es un área restringida. Verifique que se encuentra delimitada como tal.

Revise la posición de cualquier vehículo o elemento que se encuentre en el área de perforación. Verifique que no se encuentran personas en la plataforma.

Ningún vehículo ni persona podrá entrar en el área de perforación sin la autorización expresa (vía emisora) del operador de perforación. Asimismo, cualquier persona que quiera subirse a la máquina deberá solicitar autorización al operador y esperar la oportuna confirmación.

5.9.2. Condiciones de Trabajo

Antes de comenzar a trabajar, el operador de la máquina se asegurará que todos los accesorios de la perforación, especialmente barrenas o tubos guía, estén perfectamente inmovilizados.

El operador del equipo de perforación debe conocer el área de trabajo, las condiciones y características del material a perforar.

Deberá recibir un plano de perforación y revisar a pie los límites del disparo. Deberá inspeccionar los barrenos de borde prestando especial atención a la distancia del barreno al borde y al estado del terreno, advirtiendo posibles grietas o fracturas.

5.9.3. Modo de Operar

El equipo debe estar frenado y bloqueado para evitar que se desplace durante la perforación.

Para perforar líneas de borde, colocará la máquina en dirección perpendicular al corte del banco y de espaldas al frente.

Para cualquier maniobra potencialmente insegura, se servirá de una persona auxiliar.

No se debe circular sobre zonas ya perforadas ya que el peso de la máquina puede romper y enterrar los barrenos y perjudicar la voladura.

Siempre que haya que perforar en zonas no horizontales (con inclinación), deberá colocar la máquina de forma que el mástil quede en la zona más alta.

5.9.4. Antiguos Disparos

Nunca se debe emboquillar sobre el fondo de barrenos antiguos utilizados en otras voladuras, ya que se podría producir la explosión de algún resto de explosivo.

Si en el disparo se observa la existencia de algún resto de explosivo, accesorio de voladura o indicio de antiguos barrenos, deberá detenerse inmediatamente la perforación, avisando al jefe de turno. Esta área será cerrada hasta que personal cualificado proceda a evaluar la situación.

5.9.5. Traslados

Cualquier traslado de la perforadora de una a otra zona de la mina deberá estar coordinado con el jefe de turno de operación. La perforadora será escoltada a través de las pistas mineras y se mantendrá una continua información por emisora para evitar cualquier situación de riesgo.

Jamás se subirá o bajará una persona de la máquina mientras esté en traslado, ya sea entre disparos o de barreno a barreno.

5.9.6. Orden, Limpieza

Se deberá mantener las escaleras, barandillas cabina y zonas de trabajo de la máquina limpias de grasas, aceite y basura. Al final de cada turno el operador deberá realizar la limpieza y orden tanto de la cabina como de la plataforma de trabajo.

Cada vez que abandone la máquina, ésta debe quedar con las puertas cerradas (Excepto en Voladuras).

5.9.7. Líneas Aéreas, Tormentas

Está prohibido perforar en la cercanía de líneas eléctricas aéreas. Se establecerá para ello una distancia mínima de 50 m, a menos de la cual se deberá operar con el debido permiso de trabajo.

En caso de tormentas y ante el riesgo de rayos, se debe detener la operación y bajar la torre de perforación.

5.10. Operación de Mantenimiento

5.10.1. Principio Básicos

Se seguirán las pautas de mantenimiento y revisión recomendadas por los fabricantes en su correspondiente manual de mantenimiento, llevándose un registro documental de todas las labores.

Si en una intervención participase más de un operario, uno de ellos se responsabilizará del cumplimiento de lo reglamentado.

5.10.2. Inmovilización, Elementos Móviles

Cuando se realice una intervención de reparación o mantenimiento de un vehículo o máquina, éstos deberán estar inmovilizados en un lugar seguro, siguiendo las normas de aparcamiento.

En el curso de una reparación deberán ser enclavados o sujetos todos los componentes y elementos cuyo desplazamiento intempestivo pueda presentar un peligro.

En operaciones de mantenimiento y/o revisiones ninguna persona trabajará debajo de un volquete alzado, cuchara de carga o equipo similar, o se situará en la zona de bisagra de vehículos articulados, a menos que estén adecuadamente asegurados, independientemente de los mandos de funcionamiento normal.

En el caso de las excavadoras, antes de realizar las operaciones de mantenimiento, se apoyará en el suelo la cuchara, se parará el motor, se pondrá el freno de mano y se bloqueará la máquina.

Cuando se eleve una máquina para su reparación, el gato debe estar sobre suelo firme y posicionado adecuadamente. Cuando se vayan a realizar trabajos debajo de la máquina, ésta deberá estar calzada, no fiándose exclusivamente del gato.

5.10.3. Neumáticos

Los neumáticos de la maquinaria pesada deben hincharse con el operario de pie, utilizando una manguera de extensión y manteniéndose lejos de la rueda y nunca frente a ésta, debido al riesgo de explosión de ésta.

Igualmente, para cambiar dichos neumáticos deben utilizarse herramientas y procedimientos preceptuados, empleándose siempre un sistema protector.

Si hay sobrepresiones por calentamiento debidas a sobrecargas o exceso de velocidad, no deberán ser corregidas deshinchando los neumáticos, sino que se esperará a que se enfríen y se disminuirá la carga y/o velocidad. El inflado de los neumáticos deberá hacerse siempre con comprobadores y limitadores de presión.

5.10.4. Remolcado

Cuando se necesite remolcar maquinaria de operación se efectuará con la ayuda de barras o cables de sujeción a los dispositivos de remolque, suficientemente dimensionados.

Los vehículos no podrán ser remolcados con cables, a menos que sus frenos y órganos de dirección puedan ser utilizados. Se prohíbe al personal situarse en la proximidad del cable o del remolque.

5.10.5. Calentamiento del Motor

En caso de calentamiento del motor, no se debe abrir directamente la tapa del radiador. El vapor desprendido si lo hace, puede causar quemaduras graves.

5.10.6. Combustible

El repostado de los vehículos y máquinas deberá realizarse con el equipo parado y el motor detenido.

5.10.7. Sustancias Peligrosas

Se prohíbe guardar trapos grasientos o con restos de combustible sobre la máquina, ya que pueden incendiarse.

Se prohíbe fumar o utilizar dispositivos de llama abierta, en un área de repostado o de almacenamiento de combustible. En las instalaciones de repostado o almacenamiento de combustibles, se colocarán carteles visibles que indiquen esta prohibición.

Las sustancias inflamables deberán estar en contenedores con inscripciones que adviertan del contenido y de su peligrosidad y almacenados en lugares adecuados. Sólo se usarán disolventes recomendados, nunca disolventes inflamables.

5.10.8. Baterías

Se prohíbe tocar directamente el electrolito de la batería con los dedos. En caso de hacerlo, deberá protegerse con guantes impermeables. Deberá tenerse en cuenta que los líquidos de las baterías desprenden gases muy inflamables que pueden hacer explotar la batería por chisporroteos.

5.10.9. Soldaduras

Las soldaduras y cortes con soplete deben realizarse con las debidas precauciones, extremando las medidas se realicen en partes peligrosas, tales como depósitos de combustibles y sistemas hidráulicos.

Antes de soldar tuberías del sistema hidráulico, deben vaciarse y limpiarse de aceite correctamente.

No se liberarán los frenos de la máquina en posición de parada, si antes no se han instalado tacos de inmovilización en las ruedas.

5.10.10. Manipulación del Sistema Eléctrico

Si se debiera manipular el sistema eléctrico por alguna causa, se desconectará el motor y se extraerá la llave de contacto totalmente antes de comenzar.

5.10.11. Gases de Combustión

Se revisarán periódicamente todos los puntos de escape del motor, con el fin de asegurar que el conductor no reciba en la cabina gases de la combustión.

5.11. Operación en cercanía de líneas de alta tensión, Tormentas

5.11.1. Cruce de Máquinas Bajo Líneas Eléctricas Aéreas

No se permitirá el cruce de maquinaria o vehículos por debajo de líneas eléctricas aéreas salvo por los puntos especialmente preparados para ello.

Está prohibida la circulación de volquetes con la caja levantada en las proximidades de líneas eléctricas aéreas debido al riesgo de arco eléctrico.

De ser necesaria la circulación por debajo de una línea eléctrica, se instalarán carteles o señales bien visibles, avisando dicho cruce y recordando la prohibición de circular con la caja levantada en el caso de volquetes, o con cualquier tipo de herramienta o útil desplegado (Grúas, excavadoras, etc.)

Las pistas o pasos habituales de vehículos que discurran paralelamente a líneas aéreas mantendrán una distancia respecto a éstas de 15 metros. Dentro del área delimitada por una distancia de 10 metros a cada lado del eje de la línea, se prohíbe la presencia de maquinaria y la realización de trabajos con la línea en tensión.

Nunca se verterá la carga de un camión en las cercanías de una línea eléctrica aérea. Se establece para ello una distancia de seguridad de 50 m. Para ocasiones excepcionales deberá elaborarse el correspondiente permiso de trabajo.

5.11.2. Tormentas

En caso de tormenta, está terminantemente prohibido dejar estacionados los camiones con la caja levantada, debido al riesgo de descargas de rayos.

LF-DIS-6 Trabajos de Sondeos

6.1. Zona de Emplazamiento

La zona de emplazamiento del equipo de perforación deberá acondicionarse previamente a los trabajos de forma que quede plana y horizontal. Al mismo tiempo, esta zona debe resistir las cargas máximas a las que estará sometida durante la ejecución del sondeo.

Es obligatorio colocar placas de distribución de presión en los asientos estabilizadores del equipo de sondeo, para evitar posibles deformaciones del terreno que provoquen un mal asentamiento de los tramex colocados.

El lugar del emplazamiento del sondeo se elegirá cerciorándose de la no existencia de conducciones subterráneas u otros peligros, suficientemente alejado de líneas eléctricas aéreas. En caso contrario, deberá solicitarse el correspondiente permiso de trabajo.

Se acotará el área de trabajo, mediante una valla que impida el libre acceso en unos 10 m a la redonda o bien a la altura del mástil en horizontal desde el agujero de perforación (la más restrictiva). A su vez se colocarán señales de acceso restringido a personal no autorizado en las entradas de las zonas de trabajo.

El camino de acceso a dicha zona deberá estar preparado para la circulación de vehículos auxiliares y personal.

6.2. Aguas Superficiales

Las aguas de escorrentía exteriores a la zona de trabajo y las provenientes de dicha zona deben encauzarse para evitar la inundación de la misma.

Está prohibido el vertido incontrolado de lodos de sondeo u otros fluidos a la red de drenaje.

Se deberán utilizar tramex para suelos (rejillas modulares rígidas) en la zona de accionamiento manual de la máquina y en los accesos al almacén de barras de perforación y tuberías.

Los tramex deben permanecer asentados correctamente sobre el suelo o sobre las estructuras preparadas para ello.

Con el fin de evitar la entrada de aguas superficiales y el deslizamiento de objetos al pozo, la tubería de emboquillado del sondeo deberá sobresalir al menos 30 cm. por encima de la superficie del terreno.

6.3. Operación

Durante el montaje del equipo de perforación permanecerá en las inmediaciones de la sonda solamente el personal necesario para esta operación.

Durante la realización de los sondeos, todas las mangueras presurizadas deberán estar positivamente aseguradas, y dispondrán de cable de seguridad adicionalmente en el punto de conexión.

No se interpondrán las extremidades de cualquier operador en los elementos de la sonda en movimiento y los cables accionados por los mismos.

En las maniobras de elevación se mantendrá alejado el personal de la vertical del cable y gancho de elevación.

Nunca se dejarán las sondas trabajar en vacío cuando se encuentren sobre una superficie inclinada o material suelto, pues la vibración puede poner la máquina en movimiento.

6.4. Contaminación Atmosférica

Cuando se perfore a roto percusión y sólo con aire, es obligatoria la utilización de un captador adecuado de polvos que evite la contaminación atmosférica.

6.5. Útiles de Perforación, Accesorios

Las varillas utilizadas en la perforación deberán retirarse cuando estén defectuosas (roscas en mal estado, corrosiones importantes, dobleces, abolladuras, etc.)

Todo el varillaje deberá estar colocado en posición segura, apoyado sobre una base firme y con los topes adecuados que eviten su rodaje incontrolado.

Cuando se coloquen sobre el mástil del equipo las varillas, deberán estar correctamente afianzadas con elementos de sujeción.

Durante los desplazamientos del equipo de sondeo, todos los accesorios de perforación, especialmente barrenas o tubos, deberán estar perfectamente inmovilizados. Además, el mástil de perforación se situará en posición abatida.

Durante la extracción de testigos se depositarán sobre un lugar o plataforma próxima al sondeo, de forma ordenada y segura.

LF-DIS-7 Trabajos de Izado con Grúas

7.1. Permiso de Izado. Comunicación de Seguridad

El contratista impartirá una Comunicación de Seguridad a todo el personal participante en una maniobra con grúa cuando conlleve un Permiso de Izado.

Se deberá poseer el permiso de izado antes de la maniobra cuando lo estime la supervisión de La Fregeneda.

7.2. Personal Autorizado

Solamente el personal cualificado y autorizado podrá realizar labores de izado con grúa.

Solamente el personal que haya superado el curso de señalista podrá dirigir y/o estrobar cargas en maniobras.

7.3. Maniobras

Se coordinarán las maniobras con los distintos trabajos que puedan estar afectados, sin superponer actividades.

El área de alcance o radio de giro de la grúa o camión, deberá ser balizado con conos, cintas u otros elementos reflectantes.

Una sola persona deberá dirigir la maniobra: llevará colocado chalequillo reflectante y mantendrá comunicación continua con los gruístas mediante gestos normalizados o mediante radio.

Para controlar las cargas, cuando se manipulan, en todo momento se emplearán cuerdas guía.

No se admite la elevación de cargas por encima de personas: habrá que desviar la maniobra, o bien apartar al personal afectado.

Los trabajos cercanos a las líneas de alta tensión se efectuarán previo permiso correspondiente.

Está prohibido el abandono de la máquina por el gruísta mientras se mantengan tensadas las cargas.

LF-DIS-8 Trabajos en Instalaciones Eléctricas

8.1. Personal Autorizado

Solamente el personal autorizado y cualificado podrá operar en los equipos eléctricos (cuadros de maniobra, de puesta en marcha de motores, de transformadores, etc.)

Está absolutamente prohibido entrar en las subestaciones de transformación y distribución de energía eléctrica a personal no autorizado.

8.2. Normas generales

Todas las instalaciones eléctricas, cumplirán como mínimo, cuanto de aplicable indica en el *Reglamento Electrotécnico* y la *Ley 31/1995 Ley de Prevención de Riesgos Laborales* y las correspondientes *ITC mineras*.

Es norma obligatoria para trabajar en equipos o instalaciones eléctricas, que estén desenergizados, comprobada la ausencia de tensión en la alimentación de los mismos y sin posibilidad de explosión o contacto del personal a elementos activos.

8.3. Condiciones de Instalación

Cuando se paren máquinas o equipos activados eléctricamente por reparación, revisión u otros motivos en los que haya que ponerse en contacto con la máquina, se señalizará ésta y el equipo de maniobra con tarjetas rojas y cortando la corriente siempre que sea posible mediante el enclavamiento correspondiente.

Todos los equipos eléctricos con tensión superior a la de seguridad 24 V o que carezca de doble aislamiento estarán unidos a tierra y conectados a un relé diferencial. Los cables de alimentación a equipos móviles y portátiles llevarán siempre incorporado al chasis del propio equipo el conductor de tierra y el neutro si es preciso.

Queda prohibido usar luces de llama, cerillas, mecheros, algodones, antorchar, etcétera para la iluminación provisional en el interior de recintos industriales.

Toda instalación eléctrica defectuosa se comunicará al cargo superior correspondiente.

8.3.1. Cuadros de Distribución

Las tomas de corriente en general serán de tipo industrial, y adecuadas para el uso a la intemperie.

La calibración de tomas de corriente, protecciones magnetométricas y diferenciales, así como la sección de los conductores a emplear, vendrán determinados por la potencia de

los receptores, bien individuales o de forma colectiva. Los interruptores en general de la instalación serán de tipo intemperie.

Los cuadros de distribución, generales como secundarios, deberán cumplir:

El interruptor general automático de corte omnipolar tendrá la capacidad de corte suficiente, para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación.

Los interruptores diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuitos que pueda presentarse en el punto de instalación y si no cumplieran esta condición, estarán protegidos por cortocircuitos fusibles.

Los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos (magnetotérmicos) tendrá polos protegidos, que correspondan al número de fases del circuito que protegen, y sus características de interrupción estarán de acuerdo con las corrientes admisibles de los conductores.

8.3.2. Conductores

El grado de protección para los conductores será I.P.44 para ambientes húmedos y polvorientos.

8.3.3. Medios de Protección para Posibles Contactos

Para la protección de contactos eléctricos directos se tendrán presentes las siguientes medidas.

- Interposición de obstáculos.
- Distancia de seguridad partes activas de las instalaciones.
- Aislamiento efectivo de las partes activas.
- Para la protección de contactos eléctricos indirectos:
- Interruptor diferencial completado con la puesta a tierra de la instalación. La sensibilidad del interruptor será de 300 mA (miliamperios), siempre que se cumpla que las masas de toda la maquinaria están puestas a tierra.

8.3.4. Maquinaria

La instalación en su conjunto se podrá poner fuera de servicio mediante un interruptor omnipolar general accionado a mano, colocado en el circuito principal. Este interruptor estará en lugares fácilmente accesibles desde el suelo, en el mismo local o recinto en el que esté situado el equipo eléctrico de accionamiento, y será fácilmente identificable mediante un rótulo indeleble.

Las canalizaciones que vayan desde el dispositivo general de protección al equipo eléctrico de elevación o de accionamiento, deberán ser dimensionadas de manera que el arranque del motor no provoque una caída de tensión superior al 5 por 100.

Los locales, recintos, etc., en los que está instalado el equipo eléctrico de accionamiento, sólo deberán ser accesibles a personas cualificadas.

Toda la maquinaria contará con el grado de protección adecuado a trabajos a la intemperie.

Los pulsadores de accionamiento de marcha y paro estarán suficientemente separados para no confundirlos.

8.4. Inspección Mensual

Mensualmente será inspeccionada cada instalación por personal autorizado, el cual dejará dicha inspección mediante la etiqueta correspondiente en lugar visible del equipo.

El equipo de herramientas del servicio eléctrico debe ser revisado y conservado en cajas estancas y provistas de cerradura.

8.5. Incendios

En incendios de equipos eléctricos nos e usarán extintores de espuma o agua. Se emplearán exclusivamente extintores de gas carbónico o polvo químico.

LF-DIS-9 Trabajos en Caliente

Se consideran trabajos en caliente todos aquellos en los que se aumente considerablemente la temperatura en la zona de trabajo, como son: trabajos con sierras circulares, radiales, soldaduras eléctricas, oxiacetilénica y por explosión, etc.

9.1. Personal Autorizado, Permiso de Trabajo

Antes de la realización de un trabajo en caliente, debe solicitarse el correspondiente permiso de trabajo en caliente.

9.2. Zona de Trabajo

La zona en la que se vayan a realizar trabajos en caliente deberá estar limpia de materiales inflamables o combustibles (madera, cartones, etc.)

9.3. Herramientas de Trabajo

Cuando se empleen botellas de gases, éstas se situarán de pié, sobre sus carros y amarradas; nunca se colocarán dentro de espacios confinados.

Cuando se empleen máquinas eléctricas, tipo radiales, taladros, equipos de soldadura, etc., deben desconectarse de la red, aunque sea para pausas cortas, una vez terminado el trabajo.

Nunca se engrasarán los distintos elementos de las mangueras de gases para soldadura: una fuga puede originar un incendio.

9.4. Zona de Voladura

Está prohibido realizar trabajos en caliente en zonas de voladura donde se estén cargando o se hayan cargado los explosivos.

9.5. Espacios Confinados

Las mangueras de proyección de gases (oxicorte), una vez utilizadas deben purgarse y en los casos en los que se trabaje en espacios confinados, deben sacarse fuera: posibles fugas dentro de dicho espacio podrían generar atmósferas explosivas o tóxicas.

9.6. Emergencias

En caso de una emergencia que se manifestará mediante el aviso correspondiente, se deberán paralizar los trabajos en caliente que se estén realizando.

LF-DIS-10 Emergencias

Ante una emergencia existen dos zonas diferenciadas, Mina y Planta.

Una vez se ha tenido conocimiento del accidente o situación de emergencia, se avisará rápidamente por los medios establecidos (radio, teléfono, etc.) a los mandos y a los servicios de emergencia en caso de necesidad, de conformidad a la línea de comunicación establecida en el *Plan de Autoprotección de La Fregeneda*.

Existe un Jefe de Intervención en Mina y otro en Planta, y serán en ambos casos, los responsables de poner en marcha el plan.

10.1. Pasos para una emergencia

El Testigo de la emergencia, si está involucrado, debe protegerse.

Por medio de la radio avisará en canal 2 (Mina) o canal 8m (planta) de la situación, dando una explicación breve y concisa. Para iniciar la comunicación pronunciará varias veces la palabra "emergencia".

Avisará al Jefe de Turno o Supervisor Directo que se encuentre en el área.

Se protegerán personas y equipos por este orden.

El Supervisor contactará con el jefe de Intervención del área.

El Jefe de Intervención evaluará la situación y activará el *Plan de Autoprotección de La Fregeneda* si es necesario.

Si se requiere de ayuda externa, se llamará al 112 y se guiará al equipo de intervención.

10.2. Emergencia para equipo de Intervención

Siempre que se escuche un aviso al equipo de intervención, los trabajadores estarán atentos a las indicaciones de sus superiores sin llegar a dejar de trabajar, a menos que se encuentren en excavaciones (zanjas) o trabajando en altura en cuyo caso deberán situarse a ras de superficie.

10.3. Emergencia de Evacuación General

Siempre que se escuche un aviso de evacuación general se procederá como se muestra:

Se suspenderá el trabajo inmediatamente

Se desconectará, apagará, cerrará, cortará, etc. cualquier herramienta o equipo en funcionamiento

El personal se dirigirá rápidamente hacia el punto de encuentro. Se saldrá por la salida designada y ninguna otra.

Procurará andar a buen paso, pero nunca correr, empujar o mostrar señales de alarma y marchar en silencio. En escaleras se circulará por la derecha utilizando el pasamanos para evitar caídas.

No se detendrá a nadie en la salida de edificios. Bajo ningún concepto se retrocederá hacia la zona de incendio o edificación.

Todo el personal se dirigirá a los *Puntos de Reunión* del proyecto. En Mina, éste estará junto a las oficinas y en planta junto al aparcamiento de las oficinas generales. Una vez allí, el personal de control pasará lista, informará y esperará instrucciones.

10.4. Procedimiento de Actuación ante Fuego y Explosiones

Caso de incendio, deberá:

Comprobar el tipo de material que está ardiendo y tomar las medidas de que dispone para atajarlo (extintores).

Si no puede atajarlo, deberá avisar inmediatamente al Jefe de Intervención, que será la persona que active el equipo de intervención.

Los viales de acceso a los diferentes tajos y zonas del proyecto deberán estar suficientemente despejados para que los equipos de intervención accedan sin dificultad.

En caso de incendio de equipos eléctricos no se utilizarán mangueras de agua, extintores de espuma, o cualquier medio que contenga un electrolito, sino extintores polivalentes de carbónico o polvo no conductor.

Si se observa que un equipo contra incendio no está en perfecto estado de uso, se avisará al supervisor correspondiente.

CONTACTO

- Canal de Emergencias
- Canal Nº 2 (Mina) y Canal 8 (Planta)
- Jefe de Intervención Planta
- Jefe de Intervención Mina (Supervisor Mina LF)

LF-DIS-11 Acceso Área de Operación Mina. Autorización

El área de operación mina, Corta y Escombreras, son áreas restringidas.

Antes de acceder a la mina o a cualquier área de trabajo de equipo pesado, se deberá comunicar el acceso al Supervisor Mina mediante frecuencia radial.

Se debe esperar la confirmación para poder acceder al área de trabajo.

CONTACTO

- Jefe de Turno
- CANAL N° 2
- Supervisor Mina LF

DISPOSICIONES INTERNAS DE SEGURIDAD

D.I.S.LFG

Las presentes Disposiciones Internas de La Fregeneda, han sido entregadas a:

Nombre: _____

Apellidos: _____

Empresa: _____

Cargo: _____

Este documento ha de ser leído y entendido. Todas las normas en él contenidas son de obligada aplicación en la Concesión minera de La Fregeneda.

Fecha de Entrega: _____

Firma: _____

7.3. Registros

Todo ingreso, trabajo y operación dentro de la explotación debe ser autorizada y registrada, como lo son:

- Entrada y salida de mina.
- Mantenimientos.
- Inspecciones.
- Vigilancia.
- Ingreso de personal externo.
- Entrega de EPI.
- Formación del personal.
- Inspecciones periódicas reglamentarias de las instalaciones sujetas al RAP.
- Inspección periódica de los niveles de exposición laboral a Polvo.

- Inspección periódica de los niveles de exposición a Ruido.
- Registro de inspección de los medios de extinción.
- Registro de incidentes.
- Registro de accidentes Mortales, Muy graves y graves.
- Registro de accidentes leves.
- Controles de Seguridad:
- Muestras periódicas, según marca la legislación, de concentración de polvo.
- Control de explosivos y dispositivos iniciadores según marca la legislación.
- Visitas de seguridad realizadas por el Delegado Minero de Seguridad; dichas visitas son realizadas frecuentemente en compañía de Técnicos de Seguridad.
- Visitas continuas de técnicos de Prevención.
- Mediciones de ruido.
- Control periódico de la maquinaria.
- Controles del estado de salud de los trabajadores:
- Reconocimiento médico realizado al trabajador que se incorpora a la Empresa.
- Reconocimiento médico anual de los trabajadores.
- Reconocimiento médico por cambio de puesto de trabajo.
- Reconocimiento médico por retorno al puesto de trabajo después de un largo periodo de baja.

REGISTROS
☐ Registro de medidas de polvo (ITC 02.0.02) Anexo 4
☐ Registro de medidas de ruido (RD 286/2006) Anexo 4
☐ Registro de personal (ITC 02.0.01) Apartado 3
☐ Otros.

7.4. Plan de revisiones y mantenimiento periódico de máquinas, vehículos, herramientas, aparatos de elevación, cuadros eléctricos, extintores de incendios, etc.

Todos los equipos manuales e hidráulicos deben considerar revisiones periódicas, así como también el mantenimiento de estos, lo cual se debe de realizar bajo un personal capacitado para ello, de igual forma se puede llevar al servicio técnico del fabricante en caso de no reunir las condiciones necesarias.

Una inspección necesaria debe de ser el sistema de electricidad y equipos de extinción de fuego, dado que el mal uso o la no revisión de los mismo puede conllevar a un periodo d incidente mayor.

El empresario tiene la obligación de asegurar la conservación en condiciones óptimas de los equipos de trabajo, máquinas e instalaciones.

8. Formación

La formación de trabajadores estipula en el artículo 19 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, que el empresario debe garantizar que todo trabajador recibe la formación teórica y práctica, suficiente y adecuada en materia preventiva, tanto al inicio, en el momento de su contratación o en un cambio de puesto de trabajo, como de forma continuada a lo largo de su vida profesional en la empresa, en función de los cambios de diversa índole introducidos en el centro de trabajo.

8.1. Formación inicial por puesto de trabajo

Es necesaria una formación inicial específica por cada puesto de trabajo que será impartida por una empresa competente en Salamanca.

El tipo de formación está considerada por las especificaciones técnicas que debe tener un trabajador para el desarrollo correcto de su equipo de trabajo, donde cada formación debe de ser específica debe combinarse aspectos teóricos y prácticos de seguridad y prevención necesarios para cada trabajador, donde ello tiene que estipular horas mínimas para reunión todos los conocimientos descritos en el desarrollo del curso.

Se refleja para cada uno de los puestos de trabajo los contenidos de la formación a impartir, la duración de la misma, el responsable de impartirla, así como el responsable de verificar que dicha formación se ha efectuado.

8.2. Plan anual de reciclaje y formación continua

En el Plan Anual de formación es necesaria para que cada trabajador considere su adecuado curso de formación, ya que es obligatorio siempre y cuando este dentro de su jornada de trabajo.

Por otro lado, otro aspecto a tener en cuenta en la planificación formativa anual es el mantenimiento de los registros que acrediten la ejecución de dicho plan, tales como el listado de firmas de asistencia, y la evaluación de los conocimientos adquiridos por los trabajadores.

9. Información

Según lo dispuesto en el artículo 18 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, el empleador debe comunicar a los trabajadores, directamente o a través de sus representantes, lo siguiente:

- Los riesgos generales y específicos asociados a su puesto de trabajo, junto con las medidas preventivas y de protección implementadas contra estos riesgos.
- Las medidas adoptadas en materia de primeros auxilios, prevención de incendios y evacuación.

Esta información debe registrarse, indicando los nombres de los trabajadores informados, la fecha de entrega y la firma de recepción.

Además de la información inicial al inicio del empleo, se proporcionará información adicional cuando haya cambios en las condiciones laborales, como nuevas herramientas, cambios de puesto o modificaciones en los procesos.

Junto con la entrega documental de información, se utilizan otros canales informativos como tableros de anuncios, charlas informativas, fichas sobre productos peligrosos y manuales de equipos de trabajo.

9.1. Riesgos Generales y por puesto de trabajo

Todo lo conceptuado en los riesgos generales y de trabajo están dispuestas en las propias DIS, donde se reflejan las condiciones de cada trabajador.

Considerando lo anterior es que es necesario impartir charlas de formación e información.

La información tiene como objeto dar a conocer a los trabajadores su entorno de trabajo de forma que conozcan los riesgos generales y específicos que le rodean, su gravedad, las medidas de prevención y protección adoptadas, así como las medidas en caso de emergencia. La información se suministra en tres niveles:

- Al trabajador al inicio de la contratación (plan de acogida) y durante su actividad laboral en la empresa.
- Cuando se produce cualquier tipo de cambio, ya sea de puesto de trabajo, de los equipos de trabajo etc.
- De forma continuada a todos los trabajadores mediante un plan de información anual.
- Los contenidos mínimos que contempla la información a los trabajadores son:
- Política de prevención de riesgos laborales de la empresa y organización de la prevención en el centro de trabajo.
- Riesgos generales de la explotación y medidas de prevención y protección adoptadas, tales como normas de tránsito de personas, vehículos y maquinaria móvil en explotaciones mineras de superficie.
- Evaluación de riesgos.
- Vigilancia de la salud. Espirometría, controles auditivos, etc.

9.2. Medidas de protección, prevención y de emergencia

Los representantes de la empresa deben informar a los trabajadores, donde se debe documentar vía escrita la entrega de información respectiva.

El empresario, teniendo en la actividad de la empresa, debe de analizar las posibles situaciones de riesgo y emergencia para considerar la protección óptima para el trabajador y la faena minera, donde es necesario tener un equipo de emergencia en caso de accidentes.

9.3. Plan anual de información preventiva

En este Plan deberán figurar los contenidos informativos, junto con los nombres de los responsables de su desarrollo y las fechas previstas para ello.

Cada modificación que realice la empresa debe ser notificada con antelación y con una adecuación para cada trabajador que considere una formación inicial y un estudio acabado de la modificación y el del porqué del mismo.

El trabajador tiene libre acceso a esta información que se materializa a través de diversos soportes:

- Resultados de las mediciones y controles higiénicos (polvo, ruido, vibraciones, humos de soldadura, etc).
- Accidentes ocurridos dentro y fuera de la empresa.
- Carteles sobre la política de producción con seguridad, objetivos conseguidos, premios de seguridad, etc.
- Expositores con revistas, manuales y publicaciones relacionadas con la seguridad.
- Tablón de seguridad donde se exponen diversas informaciones sobre prevención de riesgos laborales.
- Entrevistas entre la línea de mando y los trabajadores a fin de evitar actuaciones inseguras y reforzar las seguras.

Sesiones informativas en las que se debaten las deficiencias observadas en materia de seguridad y se consolidan conocimientos.

- Comités y reuniones de Seguridad.
- Notas internas de seguridad.
- Calendarios con temas de seguridad

10. Planes de emergencia, primeros auxilios e incendios

El Plan de Emergencia para una explotación minera a cielo abierto es un conjunto de acciones planificadas para responder a emergencias, contingencias o siniestros, con medidas de protección destinadas a minimizar el impacto en los trabajadores.

Los objetivos del Plan de Emergencia incluyen:

- Identificar todas las posibles emergencias (accidentes graves, explosiones, incendios, inundaciones, desplomes, entre otros).
- Evaluar los riesgos asociados con cada situación de emergencia.

- Establecer líneas de acción para responder efectivamente y mitigar las consecuencias.
- Capacitar al personal en evacuación y proporcionar los medios técnicos necesarios.
- Instruir al personal en la prestación de primeros auxilios.

Además, el Plan de Emergencia debe incluir un directorio de contactos y direcciones importantes, ubicado estratégicamente en el centro de trabajo para su fácil acceso durante una emergencia. Este plan garantiza una respuesta organizada y efectiva ante situaciones críticas en la explotación minera.

De acuerdo con el art. 20 LPRL, se organizan las relaciones necesarias con servicios externos a la Empresa, de forma que quede garantizada la rapidez y eficacia de las mismas.

Con el fin de garantizar rapidez y eficacia en la lucha contra incendios la Empresa ha de disponer las siguientes actuaciones:

Disponibilidad de persona designada para asumir la responsabilidad sobre el control de la situación y dirigir todas las operaciones de los trabajos necesarios para solucionar el accidente.

Equipamiento anti-incendios

Disponibilidad de personal formado para la lucha contra incendios.

Señalización de los equipos de lucha contra incendios.

Existencia de un plan de mantenimiento de los equipos de protección de incendios

Comprobación periódica del correcto funcionamiento de los equipos anti- incendios.

Relaciones y canales de comunicación con servicios externos a la Empresa, en materia de salvamento y lucha contra incendios.

11. Vigilancia de la Salud

Según el artículo 22 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, el empresario debe proporcionar vigilancia periódica de la salud de los trabajadores en función de los riesgos laborales. Los resultados de esta vigilancia permiten tomar medidas ante posibles alteraciones de la salud y evaluar la necesidad de modificar las medidas de prevención en los puestos de trabajo.

Aunque la participación de los trabajadores en la vigilancia de la salud es voluntaria, puede ser obligatoria si es esencial para evaluar los efectos del trabajo en la salud, verificar que el estado de salud no representa un peligro, o por disposiciones legales que requieren protección especial para riesgos específicos.

El Plan de Vigilancia de la Salud se basa en la Evaluación Inicial de Riesgos y sus actualizaciones periódicas. Esto permite adoptar protocolos médicos específicos según los riesgos detectados e identificar trabajadores sensibles que requieran una vigilancia especial.

El servicio responsable de estas actividades ya sea interno o externo, debe proporcionar información detallada sobre los reconocimientos médicos realizados y los datos de las personas involucradas en dichos procedimientos.

- ☐ Protocolos de reconocimiento médicos empleados para los reconocimientos médicos de los trabajadores.
- ☐ El calendario de los reconocimientos médicos efectuados.
- ☐ El modelo del documento mediante el cual se le convoca a los trabajadores para los reconocimientos médicos.
- ☐ Los registros de aceptación o negativa de los trabajadores a ser sometidos a los reconocimientos médicos.
- ☐ Los registros de los reconocimientos médicos efectuados.
- ☐ Los certificados de aptitud psicofísica de los trabajadores para el desempeño de las funciones propias de su puesto de trabajo, en términos de apto, no apto, con restricciones.

12. Control y Evaluación de la actividad preventiva

12.1 Controles periódicos de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores

El servicio de prevención externo debe de realiza evaluaciones de riesgos y planificación preventiva para la actividad extractiva. Realiza controles periódicos semestrales de las condiciones laborales y actividades de los trabajadores. Estos controles revisan las medidas de prevención establecidas y verifican la implementación de medidas correctivas necesarias para garantizar la seguridad de los trabajadores.

Se ha define la frecuencia de los diferentes controles periódicos de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores. Sin perjuicio de la periodicidad que se ha establecido, la empresa realiza evaluaciones periódicas de las instalaciones y de los puestos de trabajo cuando concurre alguna de las circunstancias siguientes:

Cuando se adquiere algún equipo de trabajo, o se lleva a cabo alguna modificación en las instalaciones.

Cuando existen cambios en las condiciones de trabajo, por la implantación de medidas correctoras.

Cuando se produce algún accidente de trabajo o algún incidente sin daños personales que pudiera haber afectado a la integridad física de los trabajadores (investigación del accidente).

Cuando a través de los controles periódicos, incluidos los de la salud de los trabajadores, se detecta que las actividades de prevención son insuficientes.

Cuando se produce un deterioro en el tiempo de los elementos del proceso productivo.

12.2. Seguimiento y control periódico de las medidas de prevención y protección implantadas

Se debe llevar a cabo un seguimiento y control de las medidas de prevención y protección según lo establecido en el Plan de Prevención, evaluando su implantación y eficacia. Si se identifican anomalías o desviaciones, se deben proponer acciones correctivas adecuadas.

Para facilitar este seguimiento y registro, se utilizan fichas que detallan cada acción correctiva del Plan de Prevención, incluyendo el riesgo o deficiencia a corregir, su origen, la descripción de la acción correctiva, los responsables de ejecución y seguimiento, las fechas de inicio y finalización previstas, el grado de ejecución en la fecha del control, y una valoración de su eficacia.

Nº Riesgo	Origen	Descripción de la acción correctora	Responsables		Fecha prevista de ejecución		Grado de ejecución en la fecha de control	Valoración de su eficacia
			Ejecución	Seguimiento	Inicio	Fin		

12.3. Seguimiento de los accidentes, incidentes y enfermedades profesionales

El empresario llevará a cabo un seguimiento continuo de la actividad preventiva para mejorar la identificación, evaluación y control de riesgos, así como para adaptar las medidas de prevención a cambios en las circunstancias laborales.

En caso de un accidente laboral, los delegados de prevención deben ser informados de inmediato y tienen derecho a acudir al lugar para investigar sin que se les descuente tiempo de trabajo. Si se detectan daños a la salud de los trabajadores o indicios de insuficiencia en las medidas de prevención durante la vigilancia de la salud, el empresario llevará a cabo una investigación para determinar las causas de estos eventos.

12.4. Índices de siniestralidad

Los índices de siniestralidad son indicadores que miden la frecuencia y gravedad de los accidentes laborales en un centro de trabajo. Estos índices se calculan utilizando fórmulas estandarizadas y se dividen en varios tipos:

Índice de Frecuencia: Mide el número de accidentes por cada millón de horas trabajadas por un grupo de trabajadores.

ÍNDICE DE FRECUENCIA (I_F)

$$I_F = \frac{\text{Nº total de Accidentes}}{\text{Nº total de horas - hombre trabajadas}} \cdot 10^6$$

Índice de Gravedad: Calcula las jornadas perdidas debido a accidentes por cada mil horas trabajadas.

ÍNDICE DE GRAVEDAD (I_G)

$$I_G = \frac{\text{Nº total de días de trabajo perdidos}}{\text{Nº total de horas - hombre trabajadas}} \cdot 10^6$$

Índice de Incidencia: Relaciona el número de accidentes ocurridos en un año con el número promedio de trabajadores expuestos al riesgo (por cada mil personas).

ÍNDICE DE INCIDENCIA (I_I)

$$I_I = \frac{\text{Nº total de accidentes}}{\text{Nº medio de personas expuestas}} \cdot 10^3$$

Índice de Duración Media: Representa el tiempo promedio que duró cada accidente, calculado como las jornadas perdidas divididas por el número de accidentes.

ÍNDICE DE DURACION MEDIA (I_{DM})

$$I_{DM} = \frac{\text{Jornadas perdidas}}{\text{Nº de accidentes}}$$

Consecutivamente se presentan los índices de incidencia de accidente mortales y la frecuencia de los mismos, lo cuales deben de disminuir o tender a cero.

ÍNDICE DE INCIDENCIA DE ACCIDENTES MORTALES ($I_{I(m)}$)

$$I_{I(m)} = \frac{\text{Nº accidentes mortales}}{\text{Nº medio de personas expuestas}} \cdot 10^5$$

ÍNDICE DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES MORTALES ($I_{F(m)}$)

$$I_{F(m)} = \frac{\text{Nº de accidentes mortales}}{\text{Nº total de horas-hombre trabajadas}} \cdot 10^8$$

Estos índices se calculan anualmente y son reportados por la Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social al organismo sanitario correspondiente.

12.5. Auditorías del sistema de gestión de prevención de riesgos laborales

Las empresas que no tienen un servicio de prevención externo deben someter su sistema de prevención a una auditoría externa según lo establecido. En el caso de nuestra empresa cuenta con un servicio de prevención externo, por lo que no se requiere realizar auditorías.

Estas auditorías buscan evaluar de manera sistemática, documentada y objetiva la eficacia del sistema de prevención. Algunos objetivos de la auditoría incluyen:

- Verificar la realización y resultados de la evaluación inicial y periódica de riesgos.
- Comprobar que las actividades preventivas están en conformidad con la normativa general y específica sobre riesgos, considerando los resultados de la evaluación.
- Analizar la adecuación de los procedimientos y recursos utilizados para las actividades preventivas con los recursos disponibles y la organización empresarial.

13. Presupuestos anual para la actividad preventiva

Cada año la empresa deberá reunir una cuantía de dinero para financiar los costes de la actividad preventiva en la faena minera, resolviendo dictaminado los aspectos más importantes para el buen desempeño de funciones de los empleados.

Como lo son:

Materiales de primero auxilios	2.300 €
EPI	3.100 €
Señalizaciones	500 €
Formaciones de los trabajadores	3.500 €
Medición de ruidos y de polvo	1.500 €
Restauraciones de infraestructuras	7.000 €
Total	17.900 €

ANEXO II: ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Filones pegmatíticos subhorizontales con lepidolita (A) y acopio (B) de la cantera Alvarrões (Guarda, Portugal). C) Modelo de distribución de elementos incompatibles durante la evolución y cristalización de una pegmatita de Li, respecto a la fuente granítica (London, 2008).	3
Figura 2. Mina Feli (La Fregeneda, Salamanca) donde se observa un stockwork de venas de cuarzo con casiterita y un vaciado (parte inferior de la fotografía) correspondiente a la pegmatita de Li con casiterita (Universidad de Salamanca, 2015).	6
Figura 3. Salar de Atacama. (COCHILCO, 2024).....	6
Figura 4. Modelo de depósito de salmuera (López de Azarevich et al., 2021).	7
Figura 5. Ubicación del depósito de Thacker Pass de EE.UU (Lithium American, 2023). ..	8
Figura 6. Mapa geológico simplificado de la zona de Valdeflores (Pesquera et al., 2020).	10
Figura 7. Dique pegmatítico del yacimiento de Tres Arroyos (Junta de Extremadura, 2019).	12
Figura 8. Esquema geológico del área del proyecto de investigación de El Trasquilón (IGME, 2006).	13
Figura 9. Demarcación minera del proyecto de investigación Villasrubias (Energy Transition Minerals, 2023).....	14
Figura 10. Mapa de campo magnético para el estudio de pegmatitas y mineralización de casiterita del proyecto de investigación Villasrubias (Energy Transition Minerals, 2023)..	15
Figura 11. Pegmatitas en la zona del proyecto de investigación Las Navas (Junta de Extremadura, 2019).	16
Figura 12. Filón de cuarzo con minerales de Li (ambligonita-montebrazita) y alteraciones a turquesa (Junta de Extremadura, 2019).....	17
Figura 13. Cuadrículas mineras del permiso de investigación Piedras Albas (tomado de SIGEO, 2025).	18
Figura 14. Ejemplo de dique aplopegmatítico del yacimiento de Belvís de Monroy (Junta de Extremadura, 2019).	19
Figura 15. Tendencia de exploración de Li por zona geográfica (COCHILCO, 2024).....	20
Figura 16. Cartera y producción de Li (COCHILCO, 2024).	21
Figura 17. Precio de Li_2CO_3 (Miles US\$/t) entre junio de 2021 y 2024 (COCHILCO, 2024).	22
Figura 18. Mina Greenbushes (Talison Lithium, 2024).....	23

Figura 19. Modelo hidrogeológico y zonas de evaporación para la concentración de Li en salares (Marzuela et al., 2019).....	24
Figura 20. Esquema comparativo de Extracción Directa de Li (International Lithium Association, 2024).	25
Figura 21. Sección tipo del yacimiento (Mining Sense, 2018).	31
Figura 22. Valores de validación de sondeos (Empresa promotora del permiso).	32
Figura 23. A) Mapa geológico del Macizo Ibérico con la subdivisión de Dominios y la localización del Proyecto de Explotación (modificado de Martínez Catalán et al., 2014). B) Mapa geológico general del campo pegmatítico de La Fregeneda, donde se ha incluido la demarcación del proyecto de explotación (modificado de ITGE, 2000).	34
Figura 24. Diseño de rampas (Empresa promotora).	42
Figura 25. Características de las intersecciones de pistas.	43
Figura 26. Diagrama de flujo.	45
Figura 27. Emisiones esperadas en la etapa de tostación al año.	47
Figura 28. Análisis de estabilidad del talud general de mayor altura.	51
Figura 29. Parámetros de la distribución normal de concentración del elemento (Proyecto Descartes, 2011).	55
Figura 30. Histograma de leyes de Li y distribución de la frecuencia.	56
Figura 31. Evolución de minado de estéril v/s mineral de 2.300ppm.	69
Figura 32. Evolución de minado durante las 4 fases del proyecto minero. El material extraído (ore) se representa en azul.	92

ANEXO III: ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales menas en mineralizaciones primarias (p.e.: pegmatitas) y compuestos de Li (salmueras).....	2
Tabla 2. Esquema de clasificación de pegmatitas (Černý y Ercit, 2005).	4
Tabla 3. Resumen de alcance de investigación minera mediante sondeos.....	30
Tabla 4. Recurso minero proyecto La Fregeneda (Empresa promotora).....	38
Tabla 5. Parámetros de perforación estimado.....	39
Tabla 6. Parámetros para optimización de corta.	40
Tabla 7. Parámetros de taludes.	41
Tabla 8. Resumen del análisis cinemático para masas de roca alteradas e inalteradas. .	49
Tabla 9. Parámetros geotécnicos de diseño.	50
Tabla 10. Factores de seguridad recomendados.	52
Tabla 11. Base datos de las campañas de sondeos.	54
Tabla 12. Desviación normal de ley de Li (ppm).	55
Tabla 13. Ejemplo de inventario de cada bloque del modelo para 2.300 ppm.....	57
Tabla 14. Tabla dinámica de toneladas, volumen y contenido de Li por banco para 2.300 ppm.	58
Tabla 15. Ejemplo de bloques para una ley de corte de 2.900 ppm.	59
Tabla 16. Tabla dinámica de toneladas, volumen y contenido de Li por banco para 2.900 ppm.	60
Tabla 17. Fases del proyecto con ley de 2.300 ppm.	64
Tabla 18. Fase 1 minado para 2.300 ppm.....	66
Tabla 19. Fase 2 de minado para 2.300 ppm.....	67
Tabla 20. Fase 3 minado para 2.300 ppm.....	67
Tabla 21. Fase 4 de minado de 2.300 ppm.....	68
Tabla 22. Stock de mineral en el acopio para el periodo 2.....	70
Tabla 23. Stock de mineral en el acopio para el periodo 4.....	70
Tabla 24. Stock acumulado hasta el último año de vida mina.	71
Tabla 25. Periodo final de procesamiento de planta.	71
Tabla 26. Volúmenes, toneladas, contenido de mineral y Li_2CO_3 con ley de 2.300 ppm. .	73
Tabla 27. Toneladas, volúmenes, contenido de mineral y Li_2CO_3 de alta ley.	74
Tabla 28. Toneladas, volúmenes, contenido de litio y Li_2CO_3 de baja ley.	75
Tabla 29. Toneladas de estéril y contenido de Li de menor calidad por periodo.	77
Tabla 30. Resumen del primer caso de estudio (2.300 ppm).	79

Tabla 31. Fase proyecto la Fregeneda para una ley de 2900 ppm.....	81
Tabla 32. Periodo de trabajo con aplazamiento en fase 1. Se indica en color amarillo la producción de mineral en la Fase 1 del periodo 7.....	82
Tabla 33. Disminución de mineral en el último periodo.	83
Tabla 34. Disminución de estéril en el último periodo.	83
Tabla 35. Producción más alta de Li_2CO_3	83
Tabla 36. Producción total final de Li_2CO_3	84
Tabla 37. Fase 1 del periodo 1.	84
Tabla 38. Minado de banco periodo 2 de la fase 1.	85
Tabla 39. Tipo de error en minado de bancos.....	85
Tabla 40. Estructura de minado de fase 1.....	86
Tabla 41. Límite de extracción de material en fase 1.	87
Tabla 42. Estructura de minado de fase 2.....	88
Tabla 43. Producción total periodo 6.....	89
Tabla 44. Estructura de minado fase 3.....	89
Tabla 45. Inicio de minado en fase 4.	91
Tabla 46. Estructura de minado fase 4.....	91
Tabla 47. Producción total de Li_2CO_3 del proyecto.....	92
Tabla 48. Stock de mineral periodo 2.....	93
Tabla 49. Stock acopio periodo 4.....	93
Tabla 50. Stock acumulado hasta el último año de mina.	94
Tabla 51. Volúmenes, toneladas, contenido de mineral y Li_2CO_3 para ley de 2.900 ppm. 96	
Tabla 52. Volúmenes, toneladas, contenido de mineral y Li_2CO_3 de alta ley (mayor a 3.000 ppm).	97
Tabla 53. Volúmenes, toneladas, contenido de mineral y Li_2CO_3 de baja ley (menor a 3.000 ppm).	99
Tabla 54. Volúmenes, toneladas y contenido de Li en estéril.....	102
Tabla 55. Stock de material minado.....	106