



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA**



**ESTUDIO COMPARATIVO INTERNACIONAL DE METODOLOGÍAS APLICADAS AL
CIERRE DE MINAS**

POR

Carla Sofía Sagredo Molina

Memoria de Título presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción para
optar al título profesional de Ingeniero(a) Civil de Minas

Profesor(es) Guía
Ramón Díaz Noriega
Enero 2024
Concepción (Chile)

2024 Carla Sofía Sagredo Molina

Sumario

El cierre de una mina es una etapa crucial en el ciclo de vida de un proyecto minero, que incluye tareas como el desmantelamiento, la rehabilitación y el monitoreo del sitio. Este estudio compara las técnicas utilizadas para cerrar minas en Chile, Australia Occidental (Australia) y Perú. El marco institucional, las leyes y los planes de cierre de cada nación se examinaron y se han descubierto diferencias significativas, particularmente en cuanto a la perspectiva legal y los detalles de los planes de cierre. En comparación con Chile, Australia Occidental y Perú cuentan con sistemas institucionales y legales más sólidos y planes de cierre más detallados.

La hipótesis inicial se confirma, indicando que la metodología chilena puede mejorarse utilizando estos estándares internacionales. Chile debe considerar la aplicación de tácticas efectivas de Australia Occidental y Perú, como la rehabilitación progresiva, el uso posterior del suelo y el análisis de los impactos sociales. Además, se sugiere que el marco legal se actualice y mejorar la colaboración entre instituciones con competencias en el cierre de minas. Este análisis resalta la importancia de ajustar las prácticas de cierre de minas para garantizar la sostenibilidad ambiental, social y económica en las comunidades mineras.

Summary

Mine closure is a crucial stage in the life cycle of a mining project, which includes tasks such as decommissioning, rehabilitation and site monitoring. This study compares the techniques used to close mines in Chile, Western Australia (Australia) and Peru. The institutional framework, laws and closure plans of each nation were examined and significant differences have been discovered, particularly in terms of the legal perspective and details of closure plans. Compared to Chile, Western Australia and Peru have stronger institutional and legal systems and more detailed closure plans.

The initial hypothesis is confirmed, indicating that the Chilean methodology can be improved using these international standards. Chile should consider applying effective tactics from Western Australia and Peru, such as progressive rehabilitation, subsequent land use and social impact analysis. In addition, it is suggested that the legal framework be updated and collaboration between institutions with competencies in mine closure be improved. This analysis highlights the importance of adjusting mine closure practices to ensure environmental, social and economic sustainability in mining communities.

Tabla de contenido

Lista de Tablas	V
Lista de Figuras	VI
Abreviaciones.....	7
1. Introducción	8
1.1. Planteamiento del problema.....	8
1.2. Hipótesis del trabajo	9
1.3. Objetivo general	9
1.4. Objetivos específicos	9
1.5. Metodología del trabajo	10
2. El cierre de minas en Chile.....	11
2.1. Marco institucional	11
2.2. Marco legal.....	13
2.3. Plan de Cierre.....	15
2.3.1. Metodología de Evaluación de Riesgos.....	20
2.3.2. Auditorías	20
2.3.3. Fondo Post Cierre	21
2.3.4. Relación con la comunidad.....	21
2.3.5. Garantías financieras	22
3. El cierre de minas en Australia Occidental (Australia)	24
3.1. Marco institucional	24
3.2. Marco legal.....	25
3.3. Plan de Cierre.....	29
4. El cierre de minas en Perú	36

4.1. Marco institucional	36
4.2. Marco legal.....	37
4.3. Plan de cierre	40
4.3.1. Contenido del Plan de Cierre de minas.....	41
4.3.2. Ejecución del Plan de Cierre de minas	42
4.3.3. Modificación y actualización del Plan de Cierre de minas	42
4.3.4. Rehabilitación	42
4.3.5. Cierre final y situación posterior al cierre.....	43
4.3.6. Participación ciudadana	43
4.3.7. Garantías financieras	44
5. Análisis comparativo	46
5.1. Comparativa de las bases legales.....	48
5.2. Comparativa del alcance de la planificación.....	48
5.3. Comparativa de la identificación de impactos	49
5.4. Comparativa del análisis del cierre.....	49
5.5. Comparativa de la implementación y monitoreo.....	50
5.6. Comparativa de la participación de la comunidad.....	50
6. Conclusiones	51
Referencias	52

Lista de Tablas

Tabla 2-1 Resumen de los contenidos del Plan de Cierre según capacidad extractiva	18
Tabla 3-1 Marco legislativo del proceso de cierre de minas en Australia Occidental	25
Tabla 4-1 Marco legislativo del proceso de cierre de minas en el Perú	38
Tabla 5-1 Análisis comparativo del proceso de cierre de minas entre Australia, Chile y Perú	46

Lista de Figuras

Figura 2-1 Procedimiento de aplicación del Plan de Cierre.....	17
Figura 2-2 Resumen procedimiento de aplicación general	19
Figura 2-3 Instrumentos de constitución de garantías financieras	23
Figura 3-1 Rol del DMP y EPA en la evaluación del Cierre de Minas.....	28
Figura 3-2 Proceso genérico de planificación del cierre de minas en Australia	29
Figura 4-1 Competencias en el proceso de cierre de minas en Perú .. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 4-2 Ciclo de vida de una mina en Perú	41

Abreviaciones

CEPAL: Comisión Económica para América Latina

ICMM: Consejo Internacional de Minería y Metales

SERNAGEOMIN: Servicio Nacional de Geología y Minería

ENAMI: Empresa Nacional de Minería

COCHILCO: Comisión Chilena del Cobre

CODELCO: Corporación Nacional del Cobre de Chile

CONAMA: Comisión Nacional de Medio Ambiente

SEA: Servicio de Evaluación Ambiental

SMA: Superintendencia de Medio Ambiente

SBAP: Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas

CMS: Consejo de Ministros para la Sustentabilidad

EIA: Evaluación de Impacto Ambiental

SEIA: Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

RCA: Resolución de Calificación Ambiental

UF: Unidades de Fomento

CMF: Comisión para el Mercado Financiero

PCPI: Proceso de Consulta a Pueblos Indígenas

DMP: Departamento de Minas y Petróleo

EPA: Autoridad de Protección Ambiental

MRF: Fondo de Rehabilitación Minera

MINEM: Ministerio de Energía y Minas

SENACE: Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles

OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

SINEFA: Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental

EFA: Entidades de Fiscalización Ambiental

DGM: Dirección General de Minería

OSINERGMIN: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería

DGAAM: Dirección General de Asuntos Ambientales

1. Introducción

1.1. Planteamiento del problema

Un proyecto minero no concluye con el agotamiento de los recursos minerales. El cese permanente de las operaciones mineras y toda actividad posterior relacionada con el desmantelamiento, rehabilitación o monitoreo del sitio post cierre forma parte de la fase de cierre que es parte del ciclo de vida de un proyecto minero. Para abordar y comprender esta etapa es necesario considerar que el desarrollo de un nuevo proyecto minero puede tomar entre 1 a 10 años y que un proyecto de la gran minería del cobre tiene en promedio una vida útil de 20 años de operación [1].

A esta etapa le es propia una profunda e inevitable actividad destructiva sobre los recursos no renovables directos e indirectos, asociados a las zonas donde se ubican los complejos mineros [2]. Por lo que, a pesar de que el proceso minero contribuirá positivamente a la economía local y nacional, al término de este, puede desencadenar un enorme deterioro en el ambiente físico, biológico y humano de su área de influencia [3].

Es por esto por lo que resulta necesario que exista una participación activa del Estado, en el que los gobiernos desempeñen la función de crear marcos de acción de políticas públicas para el correcto desempeño de las metodologías del sector minero en materias de cierre y otorgar responsabilidad legal por el daño que se ocasione, ya sea a las personas, al medioambiente o al desarrollo económico de las localidades donde yace una mina cerrada o abandonada [4].

Organizaciones internacionales, tales como, la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), el Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM), compañías mineras y distintos países trabajan en fijar bases y exigencias mínimas que todo proyecto minero debe cumplir a la hora de explotar un yacimiento, para contribuir a mejorar el desempeño social y ambiental de la industria minera a través de distintas herramientas orientativas para mejorar la experiencia extractiva [5].

En Chile, el año 2011 se publica la Ley N° 20.551 que regula el cierre de faenas e instalaciones mineras, que nace de la ausencia de normativas específicas para la fase de cierre de minas que regulara los efectos negativos de la industria minera, dando el paso así a una ley con enfoque hacia el desarrollo sostenible de la industria extractiva minera.

1.2.Hipótesis del trabajo

La metodología de cierre de minas en Chile puede ser mejorada basándose en otros estándares internacionales.

1.3.Objetivo general

Realizar un análisis comparativo de las metodologías de cierre de minas en Chile, el estado de Australia Occidental en Australia y Perú, con el propósito de identificar oportunidades de mejora en la metodología chilena basándose en estándares internacionales.

1.4.Objetivos específicos

Para alcanzar el objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Exponer el marco institucional con competencias en el cierre de minas en Chile, el estado australiano de Australia Occidental y Perú.
2. Analizar el marco legal vigente referente al cierre de minas en los países mencionados, destacando las regulaciones específicas que impactan en la planificación y ejecución de los cierres.
3. Describir los planes de cierre de minas establecidos en Chile, Australia Occidental (Australia) y Perú como herramienta fundamental en los procesos de cierre de minas.
4. Comparar las metodologías de cierre de minas empleadas en los tres países, identificando similitudes y diferencias.
5. Identificar oportunidades de mejora en la metodología chilena de cierre de minas, tomando como referencia enfoques adoptados en Australia Occidental, Perú y estándares internacionales.

1.5. Metodología del trabajo

En primera instancia, se realizó una recopilación de literatura relacionada con metodologías de cierre de minas, regulaciones y estándares internacionales en plataformas científicas de ciudades y países con industria minera como Australia Occidental (Australia), Perú y Chile. Estos países se consideran países mineros debido a la importante contribución de la industria minera a sus economías y a la presencia de importantes yacimientos minerales en sus territorios. Se ha hecho una revisión de informes técnicos e información y documentos gubernamentales relacionados con el cierre de minas en los países mencionados.

Una vez definida la base teórica de este estudio, se identifican las variables clave para cada uno de los objetivos específicos, por ejemplo, variables relacionadas con el marco institucional, marco legal y planes de cierre en cada país estudiado.

Se realiza una comparación de los datos recopilados para identificar similitudes, diferencias y tendencias en los tres países para con el fin de interpretar los resultados en relación con la hipótesis y los objetivos e identificar oportunidades de mejora en la metodología de cierre de minas en Chile basándose en estándares internacionales.

2. El cierre de minas en Chile

2.1. Marco institucional

En Chile, el marco institucional con competencias en el cierre de minas es competencia del Ministerio de Minería y el Ministerio de Medio Ambiente.

El **Ministerio de Minería**, creado en 1953, corresponde al principal actor y articulador de las políticas públicas de minería en Chile. Su misión es liderar el desarrollo de políticas públicas orientadas a elevar la contribución de la actividad minera al desarrollo nacional a través del diseño, ejecución y evaluación de políticas públicas relacionadas a la minería. Fomenta la innovación, productividad y sustentabilidad diversificando la actividad para aprovechar los recursos disponibles en condiciones sustentables y valoradas por la ciudadanía [6].

A partir de este ministerio nace el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN); la Empresa Nacional de Minería (ENAMI); la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO) y la Corporación Nacional del Cobre de Chile (CODELCO). Para efectos de este estudio, sólo se explicará la función del SERNAGEOMIN, que tiene las principales competencias en el cierre de minas.

El **SERNAGEOMIN** es la entidad técnica encargada de producir, conservar y divulgar datos sobre geología fundamental, así como sobre recursos y riesgos geológicos en el territorio nacional. Su misión es promover el bienestar de la comunidad y servir al país. Además, tiene la responsabilidad de supervisar y hacer cumplir las regulaciones mineras relacionadas con seguridad, propiedad y planes de cierre, con el objetivo de respaldar el progreso de la minería en el ámbito nacional. En el cierre de minas sus competencias se centran en la regulación y fiscalización de aspectos relacionados con la seguridad, la propiedad y los planes de cierre en la industria minera [7].

Alguna de las competencias específicas de SERNAGEOMIN en el cierre de minas incluye establecer y hacer cumplir las normativas específicas con relación al cierre de minas en Chile, revisar y evaluar los planes de cierre presentados por las empresas mineras, asegurándose de que cumplan con los requisitos establecidos en las normativas, proporcionar asesoramiento técnico y guías metodológicas para las empresas mineras en relación con las mejores prácticas y estándares en el cierre de minas. También cumplen con el rol de supervisar y evaluar los impactos ambientales

asociados con el cierre de minas, asegurando la mitigación adecuada de posibles riesgos ambientales [8].

El **Ministerio de Medio Ambiente**, creado bajo la modificación de la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, reemplaza la antigua Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) como nueva institucionalidad ambiental continuando con las mismas funciones que su antecesor. Además, se crea el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA), los Tribunales Ambientales, el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP) y el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad (CMS).

El Ministerio de Medio Ambiente tiene por objetivo colaborar con el presidente de la República en el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, así como en la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos, promoviendo el desarrollo sustentable, la integridad de la política ambiental y su regulación normativa, promoviendo buenas prácticas y mejorando la educación ambiental ciudadana [9].

Las instituciones del Ministerio de Medio Ambiente con competencias en el cierre de minas son, por una parte, el SEA, quien tiene la responsabilidad de evaluar y aprobar los estudios de impacto ambiental (EIA) presentados por los titulares mineros, que incluyen planes de cierre de minas, dentro de este, se encuentra el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), quien en resumen, evalúa la viabilidad ambiental de los planes presentados, establece condiciones y medidas de mitigación, y supervisa el cumplimiento a lo largo de la vida del proyecto. Por otro lado, se encuentra la SMA, cuya función en el cierre de minas es supervisar y fiscalizar que las empresas cumplan las normativas ambientales [10, 11].

La principal preocupación de estas organizaciones es garantizar que el cierre de las minas se realice de manera respetuosa con el medio ambiente. Mientras que la SMA supervisa el cumplimiento continuo de los compromisos ambientales a lo largo del ciclo de vida de la operación minera, incluida la etapa de cierre, el SEA se encarga de la aprobación inicial de los planes de cierre. Para garantizar un cierre de minas que cumpla con las normas y estándares ambientales establecidos, es esencial que estas instituciones trabajen juntas [10, 11].

2.2.Marco legal

El presente apartado expone la legislación y normativas ligadas al proceso minero en Chile, tanto en materias mineras como ambientales y se detallarán los puntos más importantes de la actual Ley N° 20.551 que Regula el Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras.

En primera instancia, se encuentra la **Constitución Política de la República de Chile** (1980), en la que, si bien no existe referencia explícita a los recursos naturales, ésta asegura a todas las personas el derecho a vivir en un medioambiente libre de contaminación (art. 19. 8) y dentro del mismo artículo, permite que la ley restrinja el ejercicio de determinados derechos y libertades para la protección del medioambiente.

La actividad minera del país es regida bajo el **Código de Minería** (1983) que establece LA propiedad del Estado sobre todas las tierras y yacimientos, y a su vez especifica los mecanismos para su concesión y explotación a privados [12]. Sin embargo, no hace referencia sobre el cierre de minas.

En 1994 se implementa la **Ley N.º 19.300 sobre las Bases Generales del Medio Ambiente**, en la que establece exigencias conceptuales orientadas a la prevención, mitigación y/o compensación de impactos ambientales. Incorpora las condiciones de monitoreo de componentes ambientales, tales como aire y agua durante la etapa de cierre y post cierre [13].

Los proyectos mineros que sean susceptibles de causar impacto ambiental en cualquiera de sus fases (construcción, operación y cierre)(art. 10 literal i) deben ingresar al SEIA a través de una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), a excepción de aquellos proyectos mineros cuyo beneficio es menor a 5.000 toneladas mensuales, según el artículo 3 literal i.1 del **Reglamento del Sistema de Impacto Ambiental (DS 40/2013, Ministerio del Medio Ambiente)** [14], donde menciona que estos solo requieren permisos sectoriales y pueden optar a presentar voluntariamente una EIA o Declaración de Impacto Ambiental (DIA) en las que solo deban describir la fase de cierre. En su artículo 107 hace mención a los permisos de carácter ambiental que serán otorgados a través del SEIA para los cuales la RCA favorable dispondrá su otorgamiento, y en su artículo 108 hace mención a los permisos ambientales sectoriales mixtos, aquellos con contenidos ambientales y no ambientales, para los cuales *“el titular podrá presentar los antecedentes no ambientales ante el organismo del Estado de manera previa a la notificación de la Resolución de Calificación Ambiental, indicando el proyecto o actividad que se encuentra en evaluación ambiental. Con todo, el permiso ambiental sectorial podrá otorgarse sólo una vez que el titular exhiba la Resolución de Calificación Ambiental favorable”* [14].

El **Reglamento de Seguridad Minera, DS 132/2004 del Ministerio de Minería** establece requisitos relacionados con la estabilidad física y prevención de riesgos en las labores mineras y en su Título X establece un conjunto de normas destinadas a regular el cierre de faenas mineras [15]. Los requisitos técnicos de cierre incorporados en esta aplicación son de carácter conceptual. Este Reglamento exige la presentación de un proyecto de Plan de Cierre de las faenas mineras o cualquier modificación mayor que sufra a consecuencia de los cambios del método de explotación o del tratamiento de sus minerales (art. 22) [15].

En cuanto a los depósitos de relaves es el **DS 248/2007 Reglamento para la Aprobación de Proyectos de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relaves** donde se establece los requisitos de diseño de ingeniería para los depósitos de relaves que alcancen la fase de cierre; se define el cierre y cierre temporal de relaves, se exige garantizar la estabilidad física y química del depósito para proteger a las personas, bienes y medioambiente. Incorpora también el Análisis de Estabilidad de Taludes para la condición de cierre y la distancia peligrosa para los depósitos de relaves [16]. Sin embargo, según la definición de relave, la composición química del desecho minero no define el concepto de relave, sino sus características físicas y el proceso que ha llevado su producción, excluyendo una cantidad de residuos mineros que tampoco son considerados por la Ley N°20.920 que establece el marco para la gestión de residuos, así como la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje, como residuos peligrosos.

En Chile se comenzó a regular el cierre de minas con el Título X del Reglamento de Seguridad Minera (DS N°132 del Ministerio de Minería). Sin embargo, este no era suficiente, principalmente porque no exigía garantías financieras que aseguraran al Estado la solvencia económica necesaria para implementar las medidas del plan de cierre, en los casos de incumplimiento total o parcial por parte del titular minero [17], que lo hiciera responsable de las externalidades negativas que pudiesen resultar luego en la creación de nuevos pasivos ambientales mineros.

Es así como en 2011 se aprueba la **Ley N°20.551 que Regula el Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras** la que, complementada por su **Reglamento** [18] introdujo una serie de innovaciones a la legislación previa, entre las que destacan las medidas destinadas a mitigar los efectos de la industria extractiva minera, para asegurar la estabilidad física y química de los lugares en que se desarrolle la actividad minera [19].

Establece definición de medidas de cierre basado en evaluación de riesgos y con estudios de respaldo, crea un fondo post cierre para el monitoreo de faenas cerradas con el objeto de asegurar al estado la mantención de las medidas de cierre en el largo plazo y establece garantías para el cierre efectivo de las Faenas e Instalaciones Mineras de modo de evitar abandonos e incremento de pasivos mineros. También incluye auditorías, actualizaciones de los Planes de Cierre y definición de paralizaciones temporales. Esta ley reconoce que el cierre es parte del ciclo de vida útil de la mina; por lo que debe ser planificado e implementado progresivamente durante ese lapso [19].

2.3. Plan de Cierre

El Plan de Cierre debe ser ejecutado por la empresa minera, antes del término de sus operaciones, de manera tal que al cese de éstas se encuentren implementadas y creadas las condiciones de estabilidad física y química en el lugar que operó la faena. El Artículo 62 de la Ley N°20.551, menciona que toda empresa minera deberá presentar, para la aprobación del SERNAGEOMIN, un plan de cierre de sus faenas mineras, elaborado en conformidad con la RCA pronunciada favorablemente sobre el proyecto minero, cuando correspondiere, de acuerdo con la Ley N°19.300.

Se establece que la empresa minera no podrá iniciar actividades de construcción u operación, sin la aprobación por parte del SERNAGEOMIN del correspondiente Plan de Cierre [19].

Los proyectos de Plan de Cierre deben pasar por una etapa de revisión y resolución, por lo que deben ser presentados en la Oficina de Partes de la Dirección Regional de SERNAGEOMIN correspondiente a la ubicación de la faena minera para pasar por un Examen de Admisibilidad donde se verifican el cumplimiento de los requisitos formales del plan de cierre, contenidos en la Ley y su Reglamento, una vez concluido favorablemente el examen de admisibilidad la declaración de Plan de Cierre será sometido a un Examen de Fondo, donde se revisa el cumplimiento de los contenidos legales, técnicos, económicos y financieros del proyecto de plan de cierre o sus actualizaciones, en el que se pueden solicitar al titular o proponente que realice aclaraciones, rectificaciones y/o ampliaciones al plan de cierre o su actualización, para culminar con el pronunciamiento del SERNAGEOMIN aprobándolo o no [8].

Los planes de cierre se dividen en cuatro tipos, que se resumen a continuación

1. PLAN DE CIERRE CONCEPTUAL

Es el documento inicial que se realiza al comienzo de la planificación, y que se presenta a la autoridad correspondiente anterior a la etapa de construcción.

2. PLAN DE CIERRE DETALLADO

Es el documento que se genera de las actualizaciones periódicas del plan, este debe ser ajustado a medida que avanza la operación de la mina, incorporando información detallada que permita dar mayor certeza a los objetivos y actividades de cierre.

3. PLAN DE CIERRE TEMPORAL

El cierre temporal se debe presentar previo a la paralización temporal de las actividades de la mina, la detención se puede ocasionar por la baja de precio de los metales, cambios de políticas, acciones judiciales o administrativas, falta de agua u otros imprevistos.

4. PLAN DE CIERRE ANTICIPADO

El cierre anticipado es el cese de las actividades de la mina que ocurre antes del término de la vida útil de la misma. Este cierre anticipado se ocasiona por hechos no planeados o imprevistos y, dependiendo de la magnitud de estos imprevistos, la empresa podría decidir no reiniciar la actividad minera.

Para aplicación de la presente ley, se diferencian en dos de los procedimientos de aprobación, según la extracción o beneficio mensual del proyecto minero que define la capacidad financiera de las empresas, por lo que se resumen y diferencian los procedimientos entre quienes sí garantizan y aportan al Fondo Post Cierre y quienes no, como se expone en la figura 2-1. El Procedimiento de Aprobación General corresponde a las empresas mineras cuya capacidad de extracción de mineral sea superior a las 10.000 toneladas mensuales, a las que les corresponde garantizar y aportar al Fondo Post Cierre, y el Procedimiento de Aplicación Simplificado, que corresponderá a aquellos proyectos que extraigan menos de 10.000 toneladas mensuales.

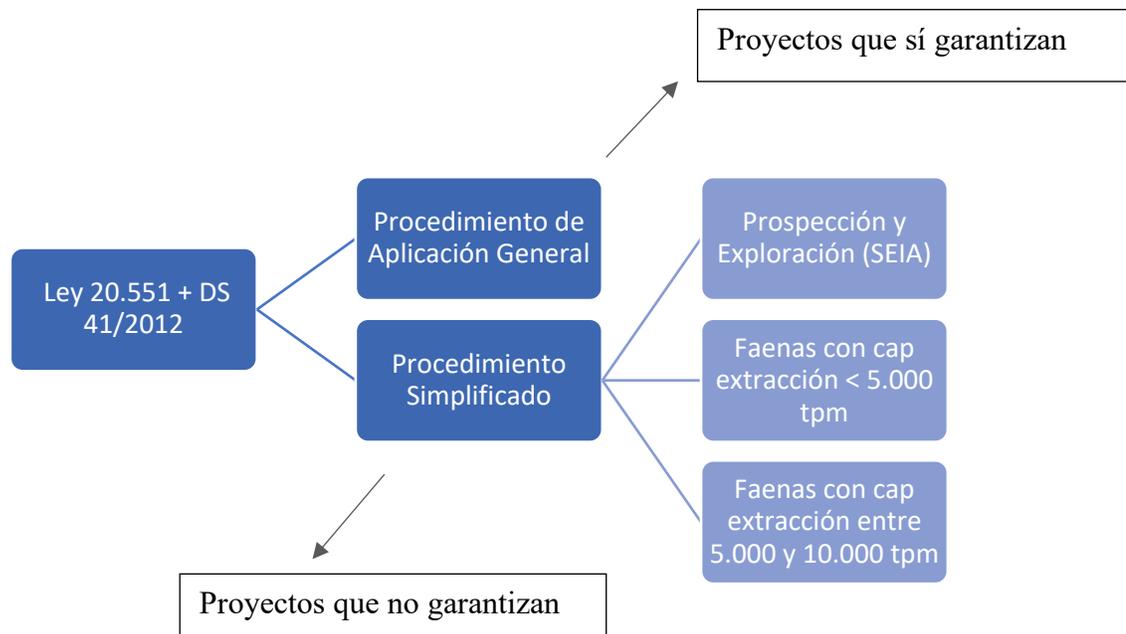


Figura 2-1 Procedimiento de aplicación del Plan de Cierre.

Como se mencionó anteriormente, el **Procedimiento de Aplicación Simplificado**, les corresponde a los proyectos que extraigan una cantidad inferior a 10.000 toneladas brutas mensuales.

Se establecen distinciones entre los proyectos de extracción con capacidades que oscilan entre 5.000 y 10.000 toneladas brutas mensuales y aquellos con una capacidad inferior a 5.000 toneladas brutas mensuales. Esto se debe a que, según el Decreto Supremo 40/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, los proyectos que extraen entre 5.000 y 10.000 toneladas brutas mensuales son considerados susceptibles de causar impacto ambiental, por lo que deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) [20].

Los proyectos sometidos al **Procedimiento de Aplicación General** serán aquellos cuyo fin sea la extracción o beneficio de uno o más yacimientos mineros, y cuya capacidad de extracción de mineral sea superior a 10.000 toneladas brutas mensuales (15).

El del Plan de Cierre que ingrese al Procedimiento de Aplicación General deberá comprender la totalidad de las instalaciones que conforman la faena minera, incluyendo los antecedentes e información técnica, económica y ambiental.

La información técnica contenida en el proyecto de Plan de Cierre deberá ser entregada al SERNAGEOMIN, al menos, a un nivel de ingeniería conceptual, si se trata del primer plan de cierre requerido previo al inicio de las operaciones, que se menciona en la tabla 2-1. El titular de la faena

deberá incrementar el nivel de ingeniería de su plan de cierre a medida que se presentan actualizaciones y se acerca la fase de cierre, según corresponda para cada instalación.

Tabla 2-1 Resumen de los contenidos del Plan de Cierre según capacidad extractiva

	Capacidad extractiva de los proyectos (toneladas brutas mensuales)		
	< 5.000	Entre 5.000 y 10.000	> 10.000
Contenido del Plan de Cierre	<ul style="list-style-type: none"> • Antecedentes generales de la faena • Descripción de las instalaciones de la faena • Medidas y actividades de cierre • Programación de las medidas y actividades de cierre 	<ul style="list-style-type: none"> • Antecedentes generales de la faena • Duración del proyecto • Resumen de las RCA del proyecto • Descripción del entorno • Metodología de Evaluación de Riesgos • Instalaciones de la faena minera • Actividades de post cierre y monitoreos por instalación 	<ul style="list-style-type: none"> • Antecedentes generales de la faena • Descripción del entorno • Vida útil • Análisis de las instalaciones • Valorización de las medidas de cierre • Programa post cierre • Información de post cierre • Resumen valorización post cierre • Garantías financieras • Información estratégica • Programa de difusión

La figura 2-2 representa un resumen del proceso de presentación y evaluación de proyectos de cierre de minas. En primer lugar, el proyecto y sus actualizaciones pasan por un control de admisibilidad para garantizar que cumplen con los requisitos formales. El SERNAGEOMIN tiene un plazo de cinco días hábiles para llevar a cabo este examen y notificar cualquier error al titular, quien tiene un plazo de diez días hábiles para corregirlos. Si los errores no se corrigen, el proyecto se considera no presentado. La evaluación de los contenidos legales, técnicos, económicos y financieros comienza después de que el examen de admisibilidad sea aprobado. El Servicio tiene 30 días hábiles para completar este examen de fondo, y el titular podría necesitar aclaraciones. El último tiene 30 días hábiles para satisfacer los requisitos. La decisión final de aprobar o rechazar se emite en un plazo de sesenta días hábiles, pero puede extenderse hasta diez días más. Contar con permisos sectoriales aprobados y una Resolución de Calificación Ambiental (RCA) relacionada con el trabajo o la instalación es esencial. Si la empresa piensa que la calificación ambiental del SEIA no procede, debe justificarlo en su presentación.

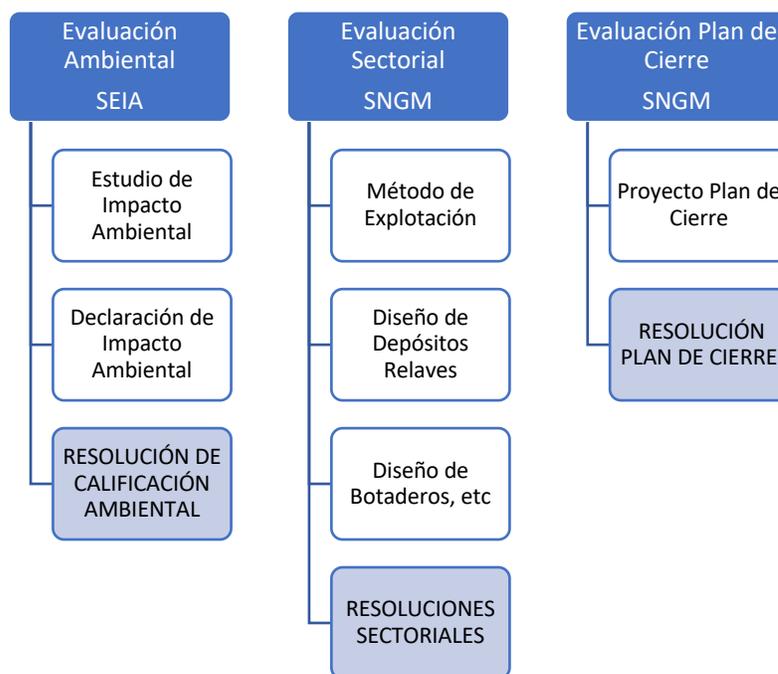


Figura 2-2 Resumen procedimiento de aplicación general

Los contenidos del Plan de Cierre variarán según los procedimientos ya mencionados, y se detallan en la siguiente tabla. En ella, se observa que a medida que la capacidad extractiva de un proyecto minero aumenta, también aumentan los requisitos para completar un plan de cierre.

2.3.1. Metodología de Evaluación de Riesgos

Cada empresa puede realizar esta evaluación como lo estime pertinente, aun así, el SERNAGEOMIN entrega un instrumento metodológico para la evaluación de riesgos, basado en la probabilidad de ocurrencia de un evento y la severidad de sus consecuencias, en el que se realiza un análisis detallado de factores técnicos y medidas de cierre para evaluar la probabilidad de ocurrencia. En adición, se evalúa la severidad de las consecuencias ambientales y de salud pública, considerando la respuesta de las personas y el medio ambiente ante un evento. Por último, en base a estos valores, se crea una matriz para calcular el nivel de riesgo para cada instalación minera.

2.3.2. Auditorías

El artículo 18 de la Ley 20.551 establece que los proyectos mineros sometidos al Procedimiento de Aplicación General deben realizar auditorías a su Plan de Cierre cada 5 años. Estipula como objeto de las Auditorías, certificar al SERNAGEOMIN la adecuación y cumplimiento del contenido del plan de cierre y de su actualización, así como la sujeción a su programa de ejecución, de manera de velar por su implementación y avance efectivo con relación al proyecto minero [18].

Los tipos de auditorías que se mencionan en la ley son 4, denominadas periódicas, extraordinarias, voluntarias y final de ejecución del Plan de Cierre, y se referirán a materias tanto a materias técnicas como económicas, dependiendo del caso y del objeto de la auditoría [19].

Aquellas auditorías voluntarias, se presentan cuando se produjere una modificación del proyecto que pudiere incidir en la adecuación o modificación del Plan de Cierre o, bien, cuando la empresa minera lo estime conveniente.

Las auditorías de final de ejecución del Plan de Cierre ocurren una vez implementada la totalidad de las obras, medidas y actividades comprometidas en el Plan de Cierre Total [19].

2.3.3. Fondo Post Cierre

Tiene por objeto financiar las actividades posteriores al cierre, que son las medidas de seguimiento y control requeridas para asegurar la estabilidad física y química del lugar en que se ha emplazado la faena minera, así como el resguardo de la vida, salud y seguridad de las personas. Está compuesto por el aporte de las empresas mineras, multas, donaciones, asignaciones, erogaciones y subvenciones. Es administrado por instituciones profesionales en la administración de activos financieros acreditadas por la Comisión para el Mercado Financiero (CMF) elegidas vía licitación [19].

2.3.4. Relación con la comunidad

La Ley que regula el cierre de faenas e instalaciones mineras menciona que todo Plan de Cierre sometido al régimen de aplicación general deberá incluir un programa de difusión a la comunidad acerca de las medidas que se implementarán en el cierre y el cronograma de estas actividades. El programa de difusión deberá implementarse a lo menos 2 años antes del comienzo de la ejecución de las medidas de cierre en caso de un cierre final y 30 días antes en caso de paralización temporal.

La empresa minera podrá solicitar al Servicio la ejecución del Programa de Difusión a la Comunidad en tiempos menores debido a situaciones extraordinarias debidamente fundadas [19].

Se establecen mecanismos oficiales para que los ciudadanos participen en el SEIA, que está supervisado por el SEA, lo que implica consultas públicas, audiencias públicas y publicación de información relevante en medios de circulación nacional o regional. Los residentes tienen la oportunidad de expresar sus opiniones, plantear preguntas y hacer observaciones sobre los planes de cierre de minas durante estas instancias. La participación ciudadana no solo busca informar a la comunidad sobre los proyectos y sus efectos, sino también incorporar sus opiniones en el proceso de toma de decisiones, asegurando una gestión más transparente y sostenible de las operaciones mineras y sus cierres. También en el caso de los proyectos o actividades que se presentan en la modalidad de un EIA y que generen impactos significativos sobre grupos humanos pertenecientes a pueblos indígenas pueden ingresar a un Proceso de Consulta a Pueblos Indígenas (PCPI) en el SEIA [10, 20].

2.3.5. Garantías financieras

Aquellos proyectos mineros que ingresen al Procedimiento de Aplicación General deberán incluir una garantía que asegure al estado la solvencia económica exclusiva para cumplir con los costos de las acciones, medidas y obras contempladas en los planes de cierre, cuyo objetivo es el resguardo de la ejecución de la obligación de cierre por parte de la empresa minera, para que, en caso de incumplimiento o abandono, SERNAGEOMIN pueda hacerse cargo de ejecutar aquellas medidas contempladas para las distintas instalaciones mineras.

La ley establece que la garantía debe constituirse dentro de los 2/3 años del comienzo para aquellos yacimientos con vida útil de 20 años y dentro de los 15 primeros años cuando la vida útil del proyecto supera los 20 años.

La garantía se determina a partir de la estimación del valor presente de los costos de implementación de todas las medidas de cierre, incluyendo aquellas asociadas a la estabilidad física y química desprendidas de las RCA [19].

Se establece que la garantía se determina en Unidades de Fomento (UF) a partir de la estimación periódica del valor presente, desde el inicio de la operación hasta el término de la vida útil. Los costos por considerar son: costos directos, costos indirectos, costos de Post Cierre, contingencias e IVA.

Estos costos por instalación se pueden calcular de la siguiente manera:

$$VP_{xi} = \frac{VF_x}{(1 + BCU)^{T-i}}$$

Dónde:

i = año

x = instalación

T = vida útil certificada de la Faena Minera

VF_x = costo de cierre de la instalación

VP_{xi} = valor presente de los costos de cierre para cada instalación

BCU = tasa de descuento

Para la etapa post cierre se debe considerar el monitoreo de aguas, suelo y aire aparte de la mantención general de las medidas de cierre en el largo. Para el cálculo se utilizan los costos totales

anuales de las medidas de post cierre determinadas para los años inmediatamente posteriores al cierre total de la faena.

Los costos indirectos están asociados principalmente a los costos de la ejecución de la ingeniería básica o de detalle necesaria para implementación futura del cierre y a la administración de la ejecución de las obras de cierre por parte de SERNAGEOMIN, donde el porcentaje total asociado corresponde al 20% de los costos directos totales de cierre.

En cuanto a las contingencias, se estima en base a la etapa de ingeniería que se presenten los costos directos, donde se estima para ingeniería conceptual un 25%, ingeniería básica 15% y para ingeniería de detalle 5%.

Los instrumentos para establecer se resumen en la siguiente figura 2-3, entre los cuales la empresa puede elegir cuál es el que más le conviene a su proyecto minero.



Figura 2-3 Instrumentos de constitución de garantías financieras

3. El cierre de minas en Australia Occidental (Australia)

3.1. Marco institucional

La regulación y supervisión del cierre de minas en Australia Occidental involucra a una variedad de instituciones gubernamentales y autoridades reguladoras. Algunas de las instituciones clave con competencia en el cierre de minas son el Departamento de Minas, Industrias de Petróleo y Gas (DMIRS), la Comisión de Medio Ambiente (CMA), el Departamento de Agua y Medio Ambiente (DAMA).

El **Departamento de Minas y Petróleo (DMP)** es la principal autoridad reguladora y decisoria de los proyectos mineros en Australia Occidental en virtud de la Ley de Minas de 1978 (Ley de Minas). El DMP tiene la función de regular la industria para garantizar que las condiciones de cierre aplicadas y los compromisos adquiridos se cumplan durante la vida del proyecto minero.

Las reformas del año 2010 a la Ley de Minas exigen la presentación de un Plan de Cierre de Minas al DMP para su evaluación y aprobación como parte de las solicitudes de propuestas mineras. El Plan de Cierre de Minas debe prepararse de acuerdo con las pautas entregadas por las autoridades y una vez aprobado deberá ser revisado y presentado para su evaluación por DMP tres años después de su aprobación inicial, o en cualquier otro momento que DMP requiera por escrito [21].

La **Autoridad de Protección Ambiental (EPA)**, por sus siglas en inglés) fue establecida en 1971z. La EPA es independiente, lo que significa que no está subordinada al Ministro y su asesoramiento al Gobierno es accesible para todos.

Los miembros de la EPA no desempeñan funciones gubernamentales. La Ley de Protección del Medio Ambiente de 1986 regula el funcionamiento de la EPA, estableciendo que sus objetivos son: a) proteger el medio ambiente; y b) prevenir, controlar y reducir la contaminación y los daños ambientales. El medio ambiente se define como "los seres vivos, su entorno físico, biológico y social, y las interacciones entre todos ellos", según la Ley [22].

El **Departamento de Regulación del Agua y el Medio Ambiente (DWER)** ayuda a la EPA a crear políticas de protección del medio ambiente y realizar evaluaciones de impacto ambiental.

Además, el DWER supervisa el cumplimiento de los requisitos de las Declaraciones Ministeriales. Participa, además, en la regulación de las cuestiones ambientales, incluyendo la gestión del agua, relacionadas con el cierre de minas [22].

El **Fondo de Rehabilitación Minera (MRF)** es un programa financiero administrado por el gobierno, y proporciona recursos financieros para la rehabilitación ambiental. Este fondo se financia mediante contribuciones obligatorias de los titulares de derechos mineros, y su principal objetivo es asegurar la disponibilidad de fondos para llevar a cabo programas de rehabilitación, como la restauración del terreno y la revegetación [23].

3.2. Marco legal

Todos los estados australianos constan de legislación de cierre de minas. La siguiente tabla muestra las leyes y regulaciones clave relevantes para el cierre de minas en Australia Occidental. En general, las leyes sobre minerales proporcionan requisitos legales que hacen cumplir la gestión y rehabilitación del entorno minero afectado.

Tabla 3-1 Marco legislativo del proceso de cierre de minas en Australia Occidental

LEY	REQUERIMIENTOS	TOMA DE DECISIONES
Mining Act 1978 (WA) <i>Ley de Minas de 1978 (AO)</i>	Todos los proyectos mineros requieren una autorización de explotación minera -por ejemplo, licencia de prospección, licencia de exploración o arrendamiento minero- en función de la naturaleza de la actividad minera	Información recopilada y solicitudes presentadas por los propietarios de empresas mineras a la autoridad estatal (DMIRS). El Ministro de Minas y Petróleo (a través del DMIRS) es quien toma la decisión (en el caso de las licencias de exploración y los permisos mineros).
Environmental Protection Act 1986 (WA) <i>Ley de protección del medio ambiente de 1986 (AO)</i>	Si el proyecto es susceptible de tener un impacto significativo, se requiere la aprobación medioambiental del Ministro de Medio Ambiente del Estado, tras un proceso de Evaluación	Los proyectos mineros se remiten a la Autoridad de Protección Medioambiental, que decide si la propuesta será evaluada y el nivel de evaluación. La Autoridad de Protección Ambiental puede solicitar los aportes del público sobre la información o los informes.

	de Impacto Ambiental (EIA)	La Autoridad de Protección del Medio Ambiente elabora un informe y una recomendación. El Ministro de Medio Ambiente de Australia Occidental es quien toma la decisión.
Environmental Protection and Biodiversity Conservation Act 1999 (Commonwealth)	Se requiere la aprobación medioambiental del Ministro de Medio Ambiente de la Commonwealth tras una EIA si el proyecto pudiera tener un impacto significativo en un "elemento de importancia medioambiental nacional"	El dueño remite el proyecto al departamento competente de la Commonwealth si es necesario. El Ministro decide si evalúa el proyecto. El grado de participación del público en el proceso de evaluación varía en función del enfoque que el Ministro considere necesario. El Departamento de la Commonwealth hace una recomendación al Ministro, que es quien decide.
<i>Ley de Protección del Medio Ambiente y Conservación de la Biodiversidad de 1999 (Commonwealth)</i>		
Native Title Act 1993 (Commonwealth)	La aprobación se realiza en virtud de un acuerdo con el grupo nativo afectado, ya sea un Acuerdo de Uso de Tierras Indígenas (ILUA) o un "Acuerdo de la Sección 31"	Las actividades mineras que afectan a los títulos de propiedad de los nativos deben ser "validadas" con arreglo a la Ley de Títulos de Propiedad de los Nativos antes de que puedan seguir adelante con la Ley de Minas. Hay dos opciones clave para conseguir la validación: 1) ILUA 2) Acuerdo del artículo 31 En ambos casos, el proceso de elaboración del acuerdo es entre un grupo de la comunidad autóctona y la empresa minera. En el caso de los Acuerdos de la Sección 31: si no se puede llegar a un acuerdo, opción de determinación por parte del Tribunal Nacional de Títulos Nativos (NTT).
<i>Ley de derechos de propiedad de los nativos de 1993 (Commonwealth)</i>		
Aboriginal Heritage Act (WA) 1972	Licencia negativa: (no se requiere autorización, pero existe la posibilidad de impedir la explotación en caso de incumplimiento): se requiere la autorización del patrimonio.	La empresa minera es responsable de identificar y evitar los daños a los territorios aborígenes y de decidir si se evitan los trabajos en zonas en las que un territorio aborígen podría resultar dañado, o de solicitar el consentimiento del Ministro de Asuntos Aborígenes para dañar un territorio.
<i>Ley de Patrimonio Aborígen (AO) de 1972</i>		
Resources safety: Mines Safety and	Licencia negativa: se puede emitir un aviso de suspensión de las obras	El inspector de minas determina si se ha producido una infracción de la Ley de Seguridad e Inspección de Minas o

Inspection 1994	Act	si una mina es peligrosa por algún motivo
----------------------------	------------	---

Protección de los recursos: Ley de control y seguridad de las minas de 1994

La **Ley de Minas de 1978** es la principal norma que regula la minería en Australia Occidental. La Ley de Minas se aplica a la exploración de minerales y a las operaciones mineras. Las "operaciones mineras", tal y como se definen en la Ley, incluyen la extracción de minerales, la eliminación de la sobrecarga y los procesos como la trituración, la lixiviación y la evaporación que son necesarios para extraer los minerales del suelo.

La Ley de Minas define los "minerales" como todas las sustancias naturales que pueden extraerse del suelo mediante la minería. Sin embargo, la Ley de Minas no se aplica a los productos petrolíferos ni a la extracción de piedra caliza, grava, pizarra, arena no mineral o arcilla en terrenos privados. Estas actividades se tratan en estatutos de la Ley del Petróleo.

En general, los minerales son propiedad del Estado, independientemente de que se encuentren en tierras privadas o en tierras de la Corona (públicas). Sin embargo, los minerales (aparte del oro, la plata y los metales preciosos) que se encuentran en terrenos vendidos o concedidos por la Corona antes del 1 de enero de 1899 pueden ser propiedad del propietario privado. La mayoría de estas tierras se encuentran en el suroeste de Australia Occidental.

La Ley de Minas permite solicitar derechos de exploración y extracción de minerales. Estos derechos, que incluyen las licencias de prospección, las licencias de exploración, las licencias de retención y los arrendamientos mineros, se conocen colectivamente como "títulos mineros" [24].

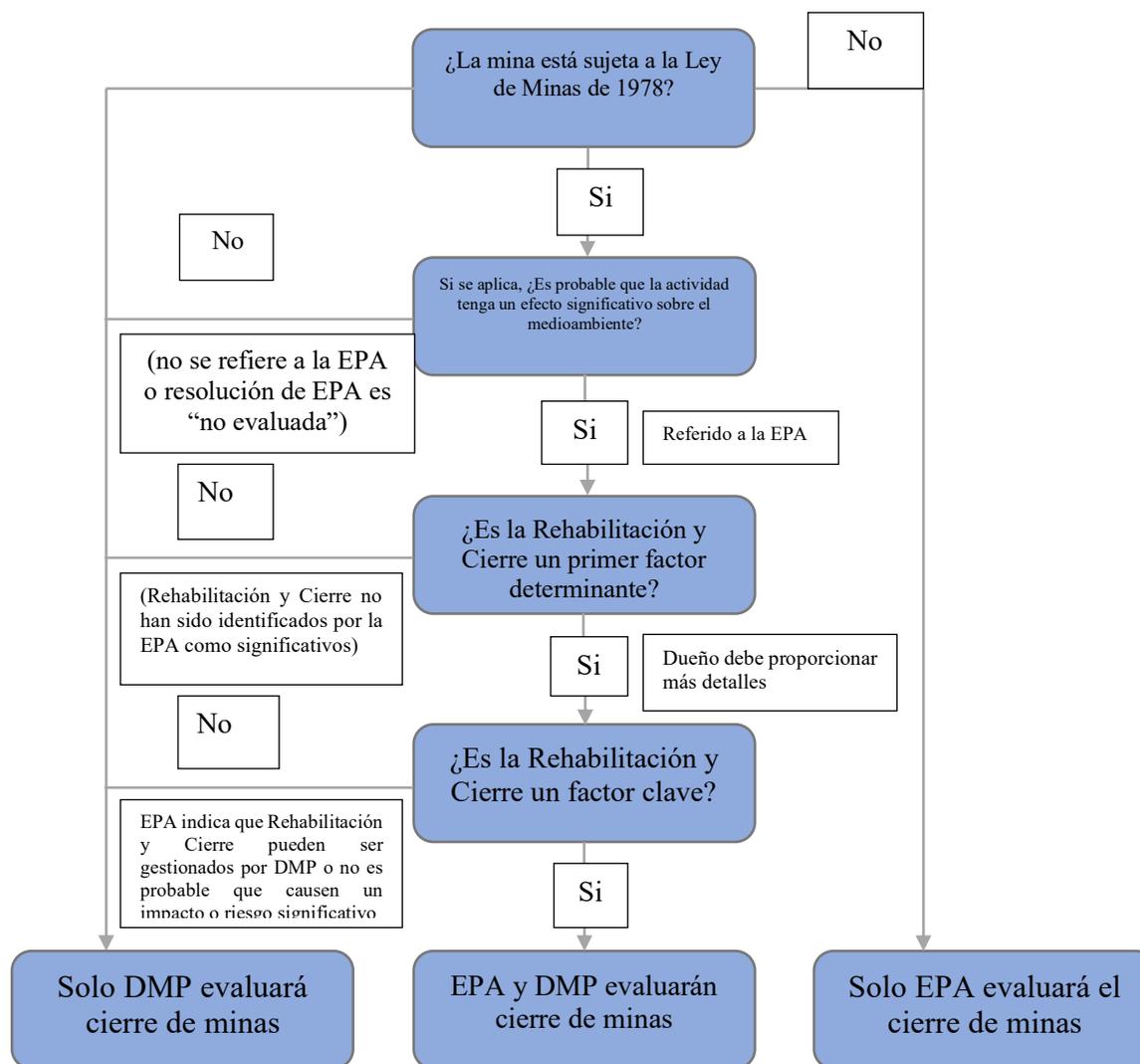


Figura 3-1 Rol del DMP y EPA en la evaluación del Cierre de Minas

Los procesos de evaluación y aprobación de los planes de cierre de minas suelen requerir el asesoramiento o el respaldo de otros organismos reguladores del medio ambiente, como el Departamento de Reglamentación del Medio Ambiente (que administra la Parte V de la Ley del Medio Ambiente y la Ley de Sitios Contaminados de 2003), el Departamento de Parques y Vida Silvestre (que administra la Ley de Conservación de la Vida Silvestre de 1950 y la Ley de Conservación y Gestión de la Tierra de 1984) y el Departamento del Agua (que administra la Ley de Derechos de

Agua y Riego de 1914, la Ley de Suministro de Agua en Zonas Rurales de 1947, la Ley de Conservación de Vías Navegables de 1976 y la Ley de Poderes de las Agencias del Agua de 1984).

En el caso de las minas en las que los materiales radiactivos pueden ser un problema (por ejemplo, las minas de uranio o de arenas minerales), la gestión de los materiales radiactivos también será regulada por el DMP en virtud de la Parte 16 del Reglamento de Seguridad e Inspección de Minas de 1995, y por el Consejo Radiológico en virtud de las disposiciones de la Ley de Seguridad Radiológica de 1975.

3.3. Plan de Cierre

En Australia Occidental, cualquier propuesta minera presentada para aprobación según sea necesario debe ir acompañada del plan preliminar de cierre de la mina. Los pasos comunes para el desarrollo de un plan de cierre de mina incluyen: información de línea de base, identificación de problemas de cierre, impactos del cierre, estrategias de gestión del cierre, incluidas estrategias para abordar los impactos del cierre, desarrollo de criterios de cierre, identificación de estrategias de monitoreo y abandono, proceso que queda representado en la figura 3-2.

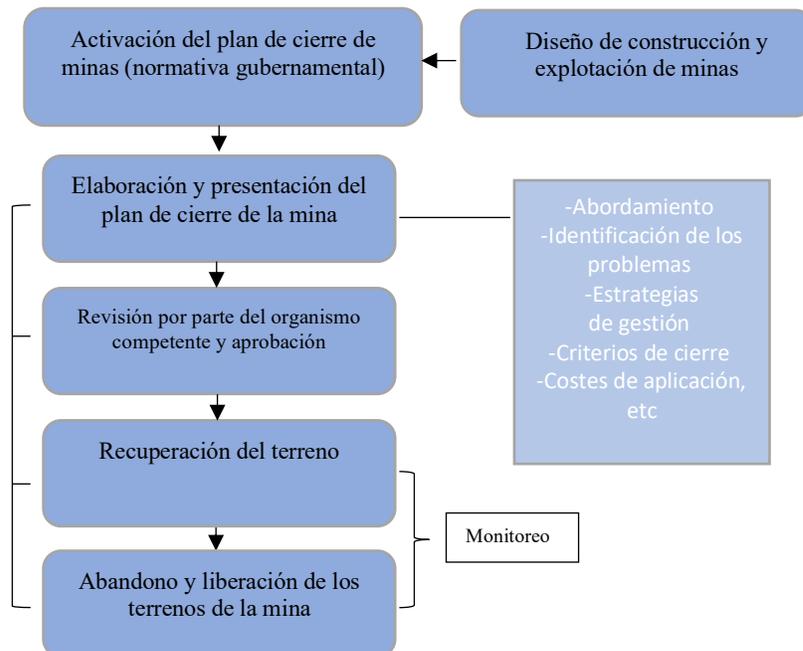


Figura 3-2 Proceso genérico de planificación del cierre de minas en Australia (Kabir et al. [26])

DMP y la EPA aceptan que no se dispone de todos los detalles necesarios para el cierre definitivo en las primeras fases del proyecto, especialmente en las etapas de evaluación y aprobación de este. El plan de cierre de la mina o la documentación de la EIA que aborde la rehabilitación y el cierre presentados en estas fases debe permitir a DMP, a la EPA y a las principales partes interesadas comprender los problemas que requieren una gestión en el momento del cierre, y tener la confianza de que todos los problemas relevantes han sido identificados y serán gestionados adecuadamente.

El primer Plan de Cierre de Minas presentado como parte de un documento de Propuesta Minera, debe referirse a esa Propuesta Minera en particular o, cuando sea posible, puede prepararse para todo el emplazamiento. Las versiones posteriores del Plan de Cierre de Minas deben prepararse para todo el emplazamiento.

Cuando una propuesta minera esté sujeta a la evaluación de la EPA, el Plan de Cierre de Minas deberá abarcar el ámbito de desarrollo de la propuesta.

La propuesta minera o el documento de la EIA pueden describir los componentes clave del cierre y la rehabilitación de la mina, y los detalles del cierre se incluyen en el plan de cierre de la mina.

El Plan de Cierre de Minas debe identificar todos los legados ambientales potenciales o preexistentes (incluidos los sitios contaminados) que puedan restringir el uso de la tierra después de la minería [25].

3.3.1. Contenidos del Plan de Cierre

DMP y la EPA exigen que el Plan de Cierre de Minas se estructure, principalmente, en el siguiente formato para garantizar la coherencia en todo el sector y la eficacia de las evaluaciones [25]:

- 1. Identificación de las obligaciones y compromisos de cierre:** el plan de cierre de minas debe detallar todas las obligaciones legales para la rehabilitación y el cierre que afectarán al uso del suelo tras la explotación minera y a los resultados del cierre.
- 2. Compromiso de las partes interesadas:** debe incluir información sobre la participación que se ha llevado a cabo con las partes interesadas en la rehabilitación y el cierre de la mina, un registro de la participación realizada hasta la fecha e incluir una estrategia para la participación continua.

3. **Datos y análisis de base y de cierre:** necesita incluir datos de referencia para evaluar el éxito de la rehabilitación y el cierre, identificar problemas y riesgos ambientales, establecer criterios de supervisión y rendimiento, y establecer resultados y objetivos alcanzables. Además, debe incluir un análisis exhaustivo de los datos iniciales que tenga en cuenta el entorno del receptor, las vías de exposición y las lagunas de conocimiento. Se debe detallar, además, la metodología de análisis de datos de referencia, lo que proporcionará las condiciones básicas para los programas de monitoreo del cierre minero.
4. **Uso(s) del suelo tras el cierre de la mina:** requiere la inclusión de datos de referencia para evaluar el éxito de la rehabilitación y el cierre, identificar cuestiones y riesgos ambientales, establecer criterios de supervisión y rendimiento, así como definir resultados y objetivos alcanzables. Además, debe contener un análisis detallado de los datos de partida, considerando el entorno receptor, las vías de exposición y las lagunas de conocimiento. La metodología de análisis de datos de referencia también debe ser detallada, proporcionando así las condiciones fundamentales para los programas de monitoreo del cierre minero.
5. **Evaluación del riesgo de cierre:** debe incluir una evaluación completa del riesgo ambiental asociado con el cierre. Esto implica la identificación de todas las vías de riesgo, la evaluación de estos riesgos para determinar una clasificación de riesgo inherente, la identificación de los tratamientos de riesgo adecuados utilizando la jerarquía de control, la reevaluación de las vías de riesgo para obtener un índice de riesgo residual y la prueba de que todos los riesgos residuales son tan bajos como sea razonablemente posible. También debe proporcionar información detallada sobre las técnicas y procedimientos utilizados para evaluar los riesgos de cierre, así como los estándares y métodos utilizados para evaluar los riesgos y los posibles efectos ambientales.
6. **Resultados del cierre y criterios de finalización:** debe incluir resultados de cierre específicos del emplazamiento relacionados con el uso o uso del suelo después de la explotación minera que sean realistas y alcanzables basados en la evaluación del riesgo de cierre, así como criterios de finalización que sean precisos, medibles, alcanzables, pertinentes y con plazos, y que demuestren la consecución de los resultados del cierre y su seguimiento.
7. **Ejecución del cierre:** necesita un plan de trabajo de cierre para alcanzar los resultados del cierre, con estrategias de implementación y plazos para cada sector y/o característica de

las operaciones mineras; diseños de cierre para las formas del terreno; y posibilidades de cierre prematuro o anticipado o suspensión de las operaciones.

8. **Supervisión y mantenimiento del cierre:** incluirá un marco de seguimiento para supervisar el progreso de las estrategias de aplicación del cierre para lograr los resultados del cierre y los criterios de finalización; descripción del seguimiento propuesto tras el cierre; y descripción de la metodología de seguimiento.
9. **Provisión financiera para el cierre:** el plan de cierre de la mina debe incluir los detalles de la metodología de cálculo de costes de cierre, incluidos los supuestos e imprevistos claramente documentados.
10. **Gestión de la información y de los datos:** debe incluir una descripción de las estrategias de gestión de datos, incluidos los sistemas y procesos para la conservación de los registros de la mina y toda la información y datos relevantes para el cierre de la mina.
11. **Planes de cierre de minas revisados:** además de la información anterior, cuando se revise un plan de cierre de minas en virtud de la s84AA de la Ley de Minas o se incluya en una revisión de una propuesta de explotación minera aprobada, el plan de cierre de minas revisado también debe incluir un cuadro resumen de la revisión que describa claramente todos los cambios introducidos en el plan de cierre de minas revisado, una tabla resumen que documente cómo se han abordado los aspectos identificados por el departamento para su mejora en la revisión anterior del plan de cierre de minas y una tabla que documente cómo se han abordado las lagunas de conocimiento identificadas en la revisión previa del plan de cierre de la mina, así como cualquier nueva laguna identificada.

3.3.2. Proceso de revisión de los planes de cierre de minas aprobados

Todos los Planes de Cierre de Minas aprobados por DMP deben ser revisados regularmente a lo largo de la vida de una mina. La Ley de Minas exige que estos planes sean revisados y presentados para su aprobación por DMP cada tres años o en cualquier otro momento especificado por escrito por DMP [25].

3.3.3. Cambios sustanciales en las propuestas mineras aprobadas

Cualquier cambio sustancial en un proyecto minero regulado por la Ley de Minas requerirá la presentación de una nueva Propuesta Minera a DMP para su evaluación y aprobación. La Propuesta Minera estará sujeta a los mismos requisitos que los de una nueva operación o proyecto minero. Si la nueva Propuesta Minera constituye cambios en una propuesta aprobada en virtud de la Parte IV de la Ley EP, los cambios también deberán ser aprobados de acuerdo con los procesos y procedimientos previstos en dicha Ley [25].

3.3.4. Cierre definitivo o suspensión de las operaciones bajo cuidado y mantenimiento

Las explotaciones mineras pueden verse obligadas a cerrar prematuramente. Puede tratarse de un cierre permanente o de "operaciones suspendidas bajo cuidado y mantenimiento".

Si es necesaria la suspensión de las operaciones, debe prepararse un Plan de Cuidado y Mantenimiento detallado, basado en el Plan de Cierre de Minas preexistente, y presentarse a DMP en un plazo de tres meses desde su notificación a DMP o en cualquier otro momento especificado por escrito por DMP. El Plan de Cuidado y Mantenimiento debe demostrar que se cumplirán las obligaciones ambientales en curso durante este período [25].

3.3.5. Abandono de la propiedad

La parte V de la Ley de Explotación de Minas regula la contaminación en las explotaciones mineras. Se puede emitir una "notificación de cierre" para exigir el control, la presentación de informes y la gestión activa de una instalación clausurada después de que la licencia haya dejado de tener efecto. Esto se aplicaría especialmente a las instalaciones de almacenamiento de residuos [25].

3.3.6. Rehabilitación

La rehabilitación progresiva es promovida por el DMP y la EPA, especialmente en formas de minería como arenas minerales. Se recomienda el uso de rajos para el relleno de desechos y la rehabilitación progresiva en áreas viables en minas de roca dura a gran escala. Se cree que las áreas temporalmente perturbadas son más propicias para la revegetación. El Plan de Cierre de Minas debe incluir detalles sobre el uso previsto del suelo, objetivos de cierre específicos relacionados con ese uso y diagramas conceptuales de diseño del suelo. Los usos del suelo que se proponen deben ser relevantes, factibles, aceptables para las partes interesadas y ecológicamente sostenibles a nivel local y regional [25].

3.3.7. Garantías financieras

Los mecanismos de "castigo" tanto legales como administrativos de que disponen las agencias estatales en Australia se consideran, en general, complementarios a los sistemas de fianzas de garantía de cumplimiento. Los sistemas de bonos se han desarrollado en todos los estados de Australia para hacer cumplir los requisitos de rehabilitación. Los bonos de cumplimiento son garantías monetarias para realizar un estándar requerido de rehabilitación posterior a la explotación minera. En la mayoría de los casos en Australia, la presentación de una fianza ambiental es una condición previa para la emisión de un arrendamiento minero. Se ha introducido un fondo de rehabilitación en Australia Occidental [26].

En términos financieros, en Australia Occidental se exige dentro del Plan de Cierre que se incluyan los siguientes elementos en la provisión financiera del cierre [21]:

- Movimiento de tierras y formación del paisaje;
- Gestión de los materiales problemáticos, si procede;
- Gestión posterior al cierre del drenaje de aguas superficiales;
- Investigación y ensayos de cierre;
- Cierre definitivo y retirada de la infraestructura;
- Remediación de la contaminación;
- Rehabilitación progresiva y final;
- Programas de mantenimiento, seguimiento y auditoría, incluida la fase posterior al cierre;

- Proceso continuo de participación de las partes interesadas;
- Costes de gestión del proyecto de cierre;
- Honorarios de especialistas y consultores;
- Requisitos legales;
- Provisión para el cierre prematuro (cierre permanente o suspensión de las operaciones bajo cuidado y mantenimiento);
- Previsión para la instalación de infraestructuras adicionales si son necesarias para los usos acordados del terreno; y
- Provisión para posibles retrasos, acontecimientos extremos u otros factores externos relacionados con el cierre.

4. El cierre de minas en Perú

4.1. Marco institucional

El **Ministerio de Energía y Minas (MINEM)**, es el organismo central y rector del Sector Energía y Minas, y forma parte integrante del Poder Ejecutivo del Perú.

Tiene como finalidad formular y evaluar, en armonía con la política general y los planes del Gobierno, las políticas de alcance nacional en materia del desarrollo sostenible de las actividades minero - energéticas. Así mismo, es la autoridad competente en los asuntos ambientales referidos a aquellas actividades.

El MINEM tiene como objetivo promover el desarrollo integral de las actividades minero - energéticas, normando, fiscalizando y/o supervisando, según sea el caso, su cumplimiento; cautelando el uso racional de los recursos naturales en armonía con el medio ambiente, ya que es la autoridad ambiental competente para estas actividades [27].

El **Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)** está encargado de impulsar y promover el cumplimiento de obligaciones ambientales en los agentes económicos y la mejora del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, de manera articulada, efectiva y transparente, con el fin de resguardar el equilibrio entre la inversión en actividades económicas y la protección ambiental para contribuir al desarrollo sostenible del Perú. Asimismo, actúa como el ente rector del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (SINEFA) y cumple una función normativa y supervisora con las Entidades de Fiscalización Ambiental (EFA) de ámbito nacional, regional o local [28].

Por otro lado, se encuentra el **Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE)**, que corresponde a un organismo público técnico especializado adscrito al MINAM y tiene a cargo la revisión y el acompañamiento y aprobación de los EIA detallados que correspondan a proyectos de inversión pública, privada o de capital mixto, de alcance nacional y multi regional en el caso de que impliquen actividades y servicios que puedan causar impactos ambientales significativos [29].

Esto hace que las certificaciones de inicio para proyectos de explotación solo este a cargo por la autoridad ambiental (SENACE) y no participe la autoridad específica (sectorial), situación que confiere a las certificaciones de inicio en una evaluación principalmente ambiental [30].

La **Dirección General de Minería** (DGM) es el órgano de línea que autoriza las actividades de exploración y explotación; otorga concesiones de beneficio, transporte minero y labor general; aprueba los programas de inversión y estudios de factibilidad correspondientes y vela por el cumplimiento de los contratos de estabilidad tributaria [31].

El **Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería** (OSINERGMIN) corresponde a una institución pública encargada de regular y supervisar que las empresas del sector eléctrico, hidrocarburos y minero cumplan las disposiciones legales de las actividades que desarrollan. A partir del año 2007, también supervisa que las empresas mineras cumplan con sus actividades de manera segura y saludable. OSINERGMIN tiene personería jurídica de derecho público interno y goza de autonomía funcional, técnica, administrativa, económica y financiera. Las labores de regulación y supervisión de esta institución se rigen por criterios técnicos, de esta manera contribuye con el desarrollo energético del país y la protección de los intereses de la población [32].

La **Dirección General de Asuntos Ambientales** (DGAAM) del Ministerio de Energía y Minas es un órgano técnico, normativo y de promoción, dependiente jerárquicamente del Viceministerio de Minas. Fue creada en 1992 aprobando la Estructura Orgánica y el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas.

4.2. Marco legal

La República del Perú consta de legislación de cierre de minas que rige en todo el territorio. La tabla 4-1 muestra las leyes y regulaciones clave relevantes para el cierre de minas en el Perú.

Tabla 4-1 Marco legislativo del proceso de cierre de minas en el Perú

LEY	REQUERIMIENTOS
Ley N° 28.090, que Regula el Cierre de Minas, y su reglamento	Establece medidas de rehabilitación antes, durante y después del cierre de operaciones en un Plan de Cierre, así como la constitución de garantías para asegurar su cumplimiento. MINEM es el encargado de su aprobación
Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Decreto Legislativo No 613, promulgado en 1990 y derogado)	Todos los estudios del impacto ambiental (EIA) elaborados para nuevos proyectos mineros, así como el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) para las operaciones mineras en curso, deberán incorporar un plan de cierre de minas
Ley General de Minería	Ley comprende todo lo relativo al aprovechamiento de las sustancias minerales del suelo y del subsuelo del territorio nacional, así como del domicilio marítimo, incluyendo los recursos geotérmicos. Se exceptúan del ámbito de aplicación de esta Ley, el petróleo e hidrocarburos análogos, los depósitos de guano y las aguas minero-medicinales.
Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley 27446, 2001)	Todo instrumento de gestión ambiental debe considerar la estrategia de manejo ambiental e incluir un plan de cierre o abandono y un plan de compensación.
Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades Minero-metalúrgicas DS 016-93	Establece obligación de presentar un estudio de Impacto Ambiental para todos los nuevos proyectos mineros, así como obligación de presentar un Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) para los proyectos ya en operación a la fecha de su promulgación
Reglamento Ambiental para Explotación Minera DS 038-98-EM	Establece obligación de presentar una Declaración Jurada de impacto ambiental o una Evaluación Ambiental para los proyectos de exploración minera

En 2005, el MINEM reglamentó la **Ley que Regula el Cierre de Minas núm. 28090**, a través del Decreto Supremo núm. 033-2005-EM. En dicho reglamento, se requiere que los titulares de minas que actualmente operan o que estén iniciando nuevas minas presenten un plan de cierre de minas que incluya medidas técnicas y legales para rehabilitar las áreas afectadas por la actividad minera a nivel de factibilidad, con el objetivo de prevenir, minimizar y controlar todos los riesgos ambientales y los

efectos en la salud que pueda causar el cese de la actividad minera. En esa línea, los objetivos del plan de cierre de minas se establecen taxativamente en el artículo 10 del Reglamento para el Cierre de Minas:

- Estabilidad física a largo plazo
- Estabilidad química a largo plazo
- Rehabilitación de las áreas afectadas
- Uso alternativo de las áreas o instalaciones (solicitado por la comunidad, gobierno local o regional) siempre que no represente un peligro o riesgo para la salud o el medio ambiente. El monto considerado para el cierre de esos componentes no se tendrá en cuenta en la garantía o se restará de la misma
- Determinación de las condiciones del posible uso de esas áreas o instalaciones en el futuro

Otras normativas que tienen relación con las actividades de cierre de operaciones mineras son la Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales núm. 26821 (1997), en cuyo título V se establecen las condiciones de aprovechamiento y explotación de los recursos naturales (arts. 28, 29 y 30) y, por otro lado, el Decreto Supremo núm. 033-2005-EM (2005), que dispone el Reglamento para el Cierre de Minas y sus respectivas modificaciones.

4.3. Plan de cierre

Corresponde al Ministerio de Energía y Minas las actividades de la mediana y gran minería, y a los gobiernos regionales en las actividades de la pequeña minería y minería artesanal, aprobar los Planes de Cierre de Minas, sus modificaciones o actualizaciones, y administrar las garantías financieras constituidas [33].

Supervisan y fiscalizan el cumplimiento de las obligaciones previstas en el Plan de Cierre de Minas aprobado, así como en la Ley de Cierre de Minas y su reglamento en el marco de sus competencias:

- a) El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) y el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), para las actividades de la mediana y gran minería;
- b) Los Gobiernos Regionales, en las actividades de la pequeña minería y minería artesanal, a través de las Gerencias o Direcciones Regionales de Energía y Minas; y
- c) La Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas para el caso de Lima Metropolitana.

El planeamiento del cierre de minas es una actividad permanente que comienza durante los estudios de pre-factibilidad, es parte del estudio de impacto ambiental (EIA), de la etapa de ingeniería de detalle, y continúa a lo largo del ciclo de vida de la mina, que se resume en la figura 4-1. Por lo tanto, el plan de cierre es un “documento vivo” que es reevaluado y preparado en las siguientes etapas del proyecto minero, por lo que existen los siguientes tipos de Planes de Cierre [34]:

- Plan de Cierre de Minas a nivel conceptual preparado como parte del EIA
- Plan de Cierre de Minas detallado presentado y aprobado antes del inicio de la fase de operación,
 - Actualizaciones del plan de cierre detallado a lo largo de la vida operativa de la mina, la primera a los tres años de aprobado el plan de cierre, y luego cada 5 años o a requerimiento de la DGM;
 - El plan de cierre final de la mina, que usualmente es presentado en los últimos años de vida de la mina, y
 - Se requiere informes de avance sobre las actividades de cierre de la mina cada seis meses.

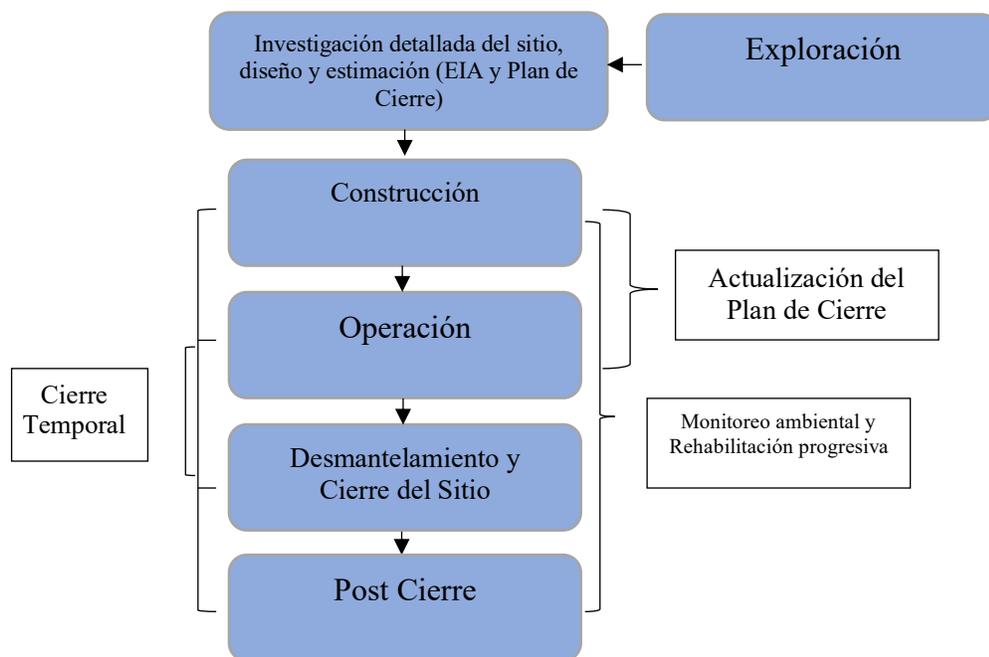


Figura 4-1 Ciclo de vida de una mina en Perú

4.3.1. Contenido del Plan de Cierre de minas

El Plan de Cierre de Minas deberá describir las medidas de rehabilitación, su costo, la oportunidad y los métodos de control y verificación para las etapas de Operación, Cierre Final y Post Cierre. Asimismo, deberá indicar el monto y plan de constitución de garantías ambientales exigibles.

Los planes de cierre de minas en Perú generalmente deben incluir lo siguiente:

1. **Evaluación de impacto ambiental.** Una evaluación detallada de los posibles impactos ambientales de la operación de cierre de la mina, incluida la restauración de las áreas afectadas.
2. **Restauración de tierras.** El plan debe describir cómo se restaurarán las áreas afectadas por la minería, incluyendo la revegetación y la recuperación de ecosistemas.
3. **Seguridad y salud ocupacional.** Deben establecerse medidas para garantizar la seguridad de los trabajadores durante el proceso de cierre de la mina.
4. **Gestión de los residuos y desechos.** Detalles sobre cómo se manejarán y eliminarán los desechos mineros de manera segura.
5. **Monitoreo a largo plazo:** Un plan para el monitoreo a largo plazo de las condiciones ambientales y la estabilidad de las estructuras de la mina después del cierre.

6. **Financiamiento del cierre:** Una estimación de los costos asociados con el cierre de la mina y la garantía financiera requerida para cubrir estos costos [34].

4.3.2. Ejecución del Plan de Cierre de minas

El Plan de Cierre de Minas deberá realizarse en forma progresiva durante la vida útil de la operación minera, de acuerdo con el cronograma aprobado por la autoridad competente.

Al término de las actividades se procederá al cierre del resto de áreas y/o instalaciones, que, por razones operativas, no pudieron cerrarse durante la etapa productiva o comercial.

4.3.3. Modificación y actualización del Plan de Cierre de minas

Si el titular de la actividad minera modifica el Estudio de Impacto Ambiental deberá, en el plazo máximo de un año de aprobada dicha modificación, presentar la modificación del Plan de Cierre de Minas. También puede ser modificado cuando se produzca un cambio sustantivo en el proceso productivo, a instancia de la autoridad competente.

Se actualizará por primera vez luego de transcurridos tres años de su aprobación y posteriormente cada cinco años desde la última actualización aprobada. También debe ser actualizado si las actividades de cierre, según lo establecido en el cronograma, se inician antes de los tres años desde su aprobación.

4.3.4. Rehabilitación

La rehabilitación se llevará a cabo mediante la ejecución de medidas que sean necesarias realizar antes, durante y después del cierre de operaciones, cumpliendo con las normas técnicas establecidas, las mismas que permitir

4.3.5. Cierre final y situación posterior al cierre

Uno de los principales objetivos del cierre satisfactorio de una mina es garantizar que la salud pública y la seguridad futura de la comunidad no estén en peligro. Otro objetivo es abandonar la mina en condiciones seguras para el medio ambiente. Finalmente, el cierre debe considerar también otros posibles impactos negativos de los componentes mineros abandonados en la fauna, la flora o los ecosistemas del lugar. Las actividades realizadas en esta etapa incluyen:

- Demolición y eliminación de la infraestructura
- Acondicionamiento de los terrenos de explotación restantes
- Supervisión y medición del rendimiento de las actividades de cierre en relación con los estándares y criterios aprobados
- Confinamiento o tratamiento de los residuos mineros (relaves, desmonte, etc)
- Tratamiento de efluentes
- Monitoreo ambiental
- Comunicación del cierre a las autoridades y a las comunidades

4.3.6. Participación ciudadana

Toda persona, natural o jurídica, puede presentarse ante la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas, Dirección Regional de Energía y Minas, sede del Gobierno Regional, Municipalidades Provinciales o Distritales y presidencia de la comunidad correspondiente, para tomar conocimiento del Plan de Cierre de Minas sujeto al procedimiento de aprobación señalado en el artículo 13 del Reglamento.

Las observaciones, recomendaciones o documentación relacionada con el Plan de Cierre de Minas sujeto a evaluación, que se desee presentar ante el Ministerio de Energía y Minas dentro del proceso de participación ciudadana establecido, deben ser remitidas por escrito a la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros o las Direcciones Regionales de Energía y Minas correspondientes. Las observaciones formuladas serán meritadas y consideradas por la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros durante el proceso de evaluación del Plan de Cierre de Minas.

4.3.7. Garantías financieras

Un aspecto importante de los planes de cierre de minas está relacionado con la constitución de una garantía, exigida por ley, para desarrollar operaciones mineras, ya que es el único instrumento financiero previsto por el Estado peruano para asegurar que, ante cualquier contingencia que implique una paralización temporal o definitiva de las actividades del titular, este no quede exento de cumplir los compromisos contenidos en el plan de cierre de minas. Por eso, las garantías constituyen un componente importante del presupuesto de plan de cierre de minas, y este deberá incluir siempre un plan o programa de constitución de garantías [35].

De conformidad con las leyes peruanas sobre la materia, el administrado que quiera iniciar o reanudar las actividades mineras, o aquel que ya tenga operaciones en curso, de acuerdo con las circunstancias, estará obligado a presentar los siguientes tipos de garantías ambientales:

- **Garantías convencionales:** prescritas en el artículo 46 del Reglamento para el Cierre de Minas, garantizan el cumplimiento del plan de cierre de acuerdo con la forma, el valor y la oportunidad aprobados por la autoridad competente. Una vez aprobado el plan de cierre de minas, la garantía convencional se deberá constituir en un plazo de 20 días hábiles desde el día siguiente a la notificación de la resolución de autorización para construir la concesión de beneficio o iniciar las actividades de exploración o explotación.
- **Garantías preliminares:** opción que el titular puede presentar ante la autoridad competente junto con el plan de cierre de minas. Según el reglamento, las garantías preliminares solo podrán establecerse mediante cartas fianza (o sus equivalentes) o pólizas de caución sin beneficio de excusión. En este sentido, se excluyen los fideicomisos y las fianzas solidarias.
- **Garantías provisionales:** En caso de que el titular minero no presente el plan de cierre o la autoridad competente no apruebe el instrumento de gestión ambiental, se deben establecer estas garantías que será necesario presentar en un plazo no superior a treinta días hábiles desde la fecha en que se emitió la resolución o el auto directoral.

El titular minero constituirá anualmente una garantía conforme a lo siguiente:

$$GA = \frac{ET - VCP - VCE - GA_n}{VU - AO}$$

Donde:

GA: Garantía anual en dólares o soles.

ET: Estimación total de la producción anual y las reservas probadas de la unidad minera del plan del cierre de minas incluido el impuesto de ley correspondiente. Este monto agrupa todas las medidas de cierre propuestas para el cierre progresivo, el cierre final, el mantenimiento y las actividades posteriores al cierre.

VCP: Valor estimado de todas las actividades de cierre proyectadas de manera paralela a la operación de la mina

VCE: Valor de las actividades de cierre final que se hayan realizado de manera paralela a la operación minera.

GA_n: Garantía constituida en el período (año) anterior, sobre la base de los años de vida útil de la mina.

VU: Vida útil de la mina, en función de la producción anual y las reservas probadas que figuran en la Declaración Anual Consolidada (DAC).

AO: Número de años de operación de la mina desde sus inicios hasta al momento del cálculo de la garantía.

5. Análisis comparativo

En este capítulo se realiza una comparación de las metodologías de cierre de minas en Chile, Australia Occidental y Perú, enfatizando aspectos clave como las bases legales, el alcance de la planificación, la identificación de impactos, el análisis del cierre, la implementación y monitoreo, y la participación de la comunidad. Se han seleccionado estos países por tener grandes sectores mineros, por contar con un historial de regulación de las actividades mineras y, además, Perú cuenta con características socioeconómicas, administrativas y geográficas similares con Chile. La tabla comparativa (Tabla 5-1) está basada en el artículo de Kabir et al. [26] en el que realizan una comparación entre Australia y Canadá, la que se ha modificado para incluir a Chile y Perú en la comparativa. Los autores desarrollaron un conjunto de criterios de buenas prácticas, revisión bibliográfica que incluía artículos de revistas académicas y directrices de aplicación internacional para el cierre de minas [36].

Tabla 5-1 Análisis comparativo del proceso de cierre de minas entre Australia, Chile y Perú (modificada de Kabir et al. [26])

Criterios de Evaluación		Australia	Chile	Perú
Bases Legales	La Constitución política reconoce y protege el derecho a un medioambiente sano	√	√	√
	La Constitución política regula materias ambientales	√	X	√
	La Constitución política regula materias mineras	√	√	√
	La Constitución política reconoce a los pueblos originarios	√	X	√
	¿Existe ley de cierre de minas?	√	√	√
	Normativa minera que regula el cierre	√	√	√
	¿Existe diferenciación entre pequeña, mediana y gran minería?	√	√	√
	La evaluación de impacto ambiental de una mina incluye etapas de cierre y post cierre	√	√	√
	¿Existen normas sectoriales sobre estabilización física y química que regule el cierre de una mina?	√	√	√
	Los titulares del proyecto minero deben garantizar las labores de cierre y pos cierre	√	√	√
	¿La planificación establece explícitamente el marco legal vigente que exige el cierre de la mina?	√	√	√

Planificación (Alcance)	¿La planificación del cierre describe claramente los objetivos del mismo?	√	√	√
	¿Se integra la planificación del cierre en el ciclo de vida del proyecto lo antes posible?	√	√	√
	¿Identifica la planificación del cierre de la mina todos los ámbitos posibles del cierre de la mina?	√	X	√
	¿La planificación del cierre incluye la recuperación progresiva del cierre de la mina?	√	X	√
Identificación de impactos	¿Incluye la planificación del cierre de la mina adecuadamente los impactos sociales y medioambientales?	*	X	*
	¿Recomienda la planificación medidas de mitigación para hacer frente a los impactos sociales y medioambientales?	*	X	*
Análisis del cierre	¿La planificación del cierre de la mina proporciona información sobre el análisis alternativo de las opciones de cierre?	*	X	*
	¿La planificación del cierre analiza adecuadamente las opciones de cierre alternativas con justificación?	X	X	X
Implementación y monitoreo	¿La planificación describe el seguimiento de la ejecución de las tareas de cierre?	*	*	*
	¿Incluye la planificación la gestión posterior al cierre y el seguimiento de los impactos?	*	*	*
	¿Incluye la planificación del cierre el cálculo de los costes de las tareas de cierre que se van a llevar a cabo, incluido el seguimiento de la aplicación del programa?	√	√	√
Participación de la comunidad	¿Existe alguna estrategia de participación de la comunidad en cada una de las fases del cierre de la mina?	√	√	√
	¿Incluye el plan aportaciones de la comunidad en relación con los impactos y las estrategias para mitigarlos?	*	X	*

*: parcialmente.

5.1. Comparativa de las bases legales

Dentro de la comparativa entre las bases legales relacionadas al cierre de minas de Australia, Chile y Perú, cabe señalar que estos países cuentan con distintas formas de estado; Chile y Perú cuentan con una organización de un solo cuerpo político (unitario) y Australia con una organización federal dividida en 6 estados, del que, y para efectos del estudio sólo considerará el estado de Australia Occidental.

Teniendo esto en consideración, se desprende que los tres países reconocen el derecho a un medioambiente sano y regulan materias ambientales. En sus procesos de evaluación de impacto ambiental son consideradas las etapas de cierre y post cierre, así como contar con normas sectoriales para la estabilización física y química en el cierre de minas. Cuentan con regulación en materias mineras, ley de minas y normativa para el cierre de minas, en la que diferencian entre pequeña, mediana y gran minería. Los titulares de proyectos mineros en los tres países deben realizar garantías financieras para asegurar las labores de cierre y post cierre. Australia Occidental y Perú tienen regulación específica en la que reconocen el derecho a un medioambiente sano y en su carta legislación reconocen a los pueblos indígenas, mientras que Chile asegura el derecho de vivir en un medioambiente libre de contaminación, aunque no menciona explícitamente los recursos naturales ni a los pueblos indígenas en ella.

5.2. Comparativa del alcance de la planificación

En todos los casos, se reconoce la importancia de integrar la planificación desde las fases iniciales del proyecto hasta el cierre final. Se destacan objetivos comunes como la estabilidad física y química del área, la protección del medio ambiente y la seguridad de las personas. Además, se menciona la necesidad de evaluar los riesgos sociales y económicos asociados al cierre de la mina. Sin embargo, existen diferencias en los detalles de los planes de cierre. En Australia Occidental y Perú se enfatiza en la rehabilitación progresiva durante todas las etapas del proyecto y consideran evaluar los riesgos sociales y económicos del proceso de cierre. En Chile, sin embargo, se limita a exigir estabilidad física y química del emplazamiento minero, sin hacer referencia a la rehabilitación progresiva como los otros países. Mientras que, en Perú, se incorporan objetivos adicionales como el uso del terreno y de los cuerpos de agua, así como medidas para garantizar un ambiente saludable y

la preservación paisajística. Aunque en todos los casos se busca la integración del plan de cierre en el ciclo de vida del proyecto, las diferencias en los enfoques y requisitos específicos reflejan las distintas prioridades y contextos regulatorios de cada país.

5.3. Comparativa de la identificación de impactos

En Australia Occidental y Perú, se observa un enfoque hacia la planificación del cierre de minas que considera aspectos medioambientales y la rehabilitación de áreas afectadas. En Australia Occidental, se enfatiza la consulta con partes interesadas para mejorar la gestión ambiental y el uso del paisaje, mientras que Chile presta atención a la protección de la vida y la estabilidad física y química, sin mencionar explícitamente los impactos sociales. Por otro lado, en Perú, se exigen medidas que van desde la estabilización física hasta programas sociales, incluyendo una descripción de los impactos sociales y creación de oportunidades laborales para las comunidades afectadas. Aunque los tres países tienen como objetivo la rehabilitación ecológicamente sostenible, las diferencias radican en la profundidad de la consideración de los impactos sociales y la inclusión de medidas específicas para abordarlos.

5.4. Comparativa del análisis del cierre

Los planes de cierre de minas en Australia, Chile y Perú comparten el objetivo de proporcionar información detallada sobre los riesgos y posibles impactos ambientales asociados con el cierre de las operaciones mineras. En Australia, se destaca la importancia de desarrollar estrategias de mitigación y revisarlas con frecuencia, aunque se menciona una limitación en el análisis de opciones de cierre alternativas. Chile pone énfasis en elegir opciones de cierre basadas en la evaluación de riesgos, pero solo se especifican las características de las medidas de cierre y no se ofrecen ideas adicionales. En Perú, se mencionan objetivos adicionales como la reparación de áreas afectadas y la utilización alternativa de terrenos, pero no se realiza un análisis detallado de las opciones alternativas de cierre. Las diferentes naciones tienen diferentes niveles de detalle y opciones de cierre alternativas.

5.5. Comparativa de la implementación y monitoreo

Las pautas para los planes de cierre de minas en Australia, Chile y Perú destacan la importancia del seguimiento y monitoreo del proceso de cierre. Australia necesita un marco de seguimiento detallado para supervisar la implementación del cierre y las técnicas de monitoreo durante la rehabilitación progresiva y posterior al cierre, así como una explicación precisa de los costos del cierre. En Chile, se requiere la implementación de medidas de cierre de cada instalación, del mantenimiento, así como de monitoreo (periodicidad y duración) durante el cierre para verificar la estabilidad física y química, también de verificación de emisiones y efluentes y, en general, el seguimiento y control de todas las condiciones que resultan de la ejecución del Plan de Cierre, incluyendo la valorización de las medidas necesarias para el cierre. En Perú, el objetivo es lograr la estabilidad física, geoquímica, hidrológica, biológica y social, con una descripción detallada de las tareas a realizar y un presupuesto que incluya todos los costos relacionados con el cierre, con un nivel de precisión establecido. Las tres naciones comparten la importancia del seguimiento detallado y la inclusión de costos de cierre, aunque difieren en la profundidad de los requisitos específicos y los métodos para monitorear y evaluar las medidas.

5.6. Comparativa de la participación de la comunidad

Tanto en Australia Occidental, Chile y Perú se observa la importancia de la consulta y participación de la comunidad en el proceso de cierre de minas, aunque con enfoques y requisitos diferentes. En Australia, las empresas consultan a las comunidades indígenas sobre el uso de la tierra, pero las directrices solo requieren evaluar el impacto del cierre en la comunidad indígena y su cultura. En Chile, se requiere un plan de difusión para informar a la comunidad sobre las medidas de cierre, y el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental fomenta la participación activa de la comunidad. En Perú, se implementan iniciativas sociales para involucrar a las autoridades locales y la población del área de influencia del proyecto, mediante la difusión del plan de cierre y la oportunidad de solicitar mecanismos adicionales de participación ciudadana durante el proceso de aprobación y modificación del plan de cierre. Aunque los tres países buscan la participación comunitaria, difieren en los mecanismos específicos y el grado de involucramiento de la comunidad en el proceso de cierre de minas.

6. Conclusiones

El objetivo de este estudio era realizar un análisis comparativo de las metodologías de cierre de minas en Chile, el estado de Australia Occidental y Perú, con el propósito de identificar oportunidades de mejora en la metodología chilena basándose en estándares internacionales.

El análisis comparativo de las metodologías de cierre en Australia Occidental, Chile y Perú ha revelado algunas diferencias en los enfoques utilizados. A pesar de que Chile cuenta con un marco institucional acorde a los estándares internacionales, es en el marco legal y en el Plan de Cierre donde se halla una brecha entre las metodologías presentadas por Australia Occidental y Perú. La información recolectada indica que, en comparación con Chile, ambos cuentan con sistemas institucionales más sólidos, sistemas legales más completos y Planes de cierre más detallados y exhaustivos contemplando todos los aspectos razonablemente posibles.

Entonces, se confirma la hipótesis inicial de que la metodología de cierre de minas en Chile puede ser mejorada basada en otros estándares internacionales, en la que se recomienda que Chile tome en cuenta la implementación de estrategias y prácticas exitosas en Australia Occidental y Perú partiendo, quizás, con considerar la rehabilitación progresiva, el uso posterior del suelo y el análisis de los impactos sociales y su seguimiento en las bases del Plan de Cierre, además de actualizar su sistema legal y mejorar la colaboración entre las instituciones involucradas en el proceso de cierre de minas. Las acciones necesarias para asegurar la viabilidad ambiental, social y económica de la industria minera en Chile, así como su conformidad con los estándares internacionales de buenas prácticas en el cierre de minas.

Referencias

- [1] Consejo Minero, «Consejo Minero,» [En línea]. Available: <https://consejominero.cl/wp-content/uploads/2019/04/Informe-Final-Productividad-en-la-Gran-Mineria-del-Cobre-.pdf>. [Último acceso: 2020].
- [2] J. M. M. Peña, «LA PLANIFICACIÓN DEL CIERRE DE MINAS COMO PARTE DE LA SUSTENTABILIDAD EN LA MINERÍA,» Research Gate, 2019.
- [3] J. Oyarzún, Planes de Cierres Mineros - Curso Resumido, 2008.
- [4] A. L. Morales y M. Hantke Domas, «Guía metodológica de cierre de minas,» CEPAL, Santiago, 2020.
- [5] Consejo Internacional de Minería y Metales, «Planificación del Cierre Integrado de Minas: Equipo de Herramientas,» Londres, 2008.
- [6] Ministerio de Minería, «Dipres,» 2019-2022. [En línea]. Available: https://www.dipres.gob.cl/597/articles-218226_doc_pdf.pdf. [Último acceso: enero 2024].
- [7] SERNAGEOMIN, «SERNAGEOMIN,» [En línea]. Available: <https://www.sernageomin.cl>. [Último acceso: enero 2024].
- [8] SERNAGEOMIN, «Servicio Nacional de Geología y Minería,» 16 abril 2021. [En línea]. Available: <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2020/05/20200330-GUIA-METODOLOGICA-DECLARACION-PLAN-DE-CIERRE-igual-o-menor-a-5000.pdf>.
- [9] Ministerio de Medio Ambiente, [En línea]. Available: <https://mma.gob.cl>. [Último acceso: enero 2024].
- [10] Servicio de Evaluación Ambiental, [En línea]. Available: <https://www.sea.gob.cl>. [Último] acceso: enero 2024].
- [11] Superintendencia de Medio Ambiente, [En línea]. Available: <https://portal.sma.gob.cl>. [Último] acceso: enero 2024].
- [12] Código de Minería, Código de Minería, 1983.

- [13 Ley N°19.300, Ley N°19.300 sobre las Bases Generales del Medio Ambiente, 1994.
]
- [14 DS 40 Ministerio de Medio Ambiente, Decreto 40 Aprueba el Reglamento del Sistema de
] Evaluación de Impacto Ambiental, 2013.
- [15 DS 132 Ministerio de Minería, Decreto 132 Aprueba Reglamento de Seguridad Minera, 2004.
]
- [16 DS 248 Ministerio de Minería , Reglamento para la Aprobación de Proyectos de Diseño,
] Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relave, 2007.
- [17 A. L. Morales, «Historia, aplicación y análisis de la Ley num. 20.551 que Regula el Cierre de
] Faenas e Instalaciones Mineras en Chile,» Santiago, 2020.
- [18 DS 41 Ministerio de Minería, «Decreto 41 que Aprueba el Reglamento de la Ley de Cierre de
] Faenas e Instalaciones Mineras,» 2012. [En línea].
- [19 Ley N°20.551, Ley N°20.551 que Regula el Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras, 2011.
]
- [20 Servicio Nacional de Geología y Minería, «Guía Metodológica para la presentación de Planes
] de Cierre de empresas cuya capacidad de extracción o beneficio sea mayor a 5.000 ton/mes y
menos o igual a 10.000 ton/mes,» Santiago, 2014.
- [21 Government of Western Australia, «Department of Mines and Petroleum,» 2015. [En línea].
] Available: <http://www.dmp.wa.gov.au/Documents/Environment/ENV-MEB-121.pdf>.
- [22 Environmental Protection Authority, [En línea]. Available: <https://www.epa.wa.gov.au/about-environmental-protection-authority>. [Último acceso: enero 2024].
- [23 Department of Energy, Mines, Industry Regulation and Safety, [En línea]. Available:
] <https://www.dmp.wa.gov.au/Environment/What-is-the-MRF-19522.aspx>. [Último acceso:
enero 2024].
- [24 Environmental Defender's Office of Western Australia (Inc.), «Mining Law Fact Sheet,» enero
] 2011. [En línea]. Available: https://www.edo.org.au/wp-content/uploads/2020/02/factsheet_mining.pdf.
- [25 Government of Western Australia; Department of Mines, Industry Regulation and Safety, [En
] línea]. Available: <https://www.dmp.wa.gov.au/Documents/Environment/REC-EC-112D.pdf>.
[Último acceso: enero 2024].

- [26 Z. Kabir, F. Rabbi, M. B. Chowdhury y D. Akbar, «A Review of Mine Closure Planning and Practice in Canada and Australia,» *World Review of Business Research*, 2015.
- [27 Ministerio de Energía y Minas, «Quiénes Somos,» 21 septiembre 2021. [En línea]. Available: http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=10&idTitular=268&idMenu=sub266&idCategor=222.
- [28 Estado Peruano, «Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental,» octubre 2021. [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/oefa>.
- [29 Ministerio del Ambiente, «Estudio de Desempeño Ambiental 2003-2013,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.minam.gob.pe/esda/12-3-2-evaluacion-de-impacto-ambiental-de-proyectos-mineros-sistema-de-licenciamiento-regulaciones-ambientales-especificas-inspeccion-monitoreo-y-cumplimiento-planes-de-cierre-de-faenas/>.
- [30 O. Aduvire, «CERTIFICACIONES AMBIENTALES EN PROYECTOS DE EXPLORACION MINERA,» Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, pro EXPLO , Perú, 2019.
- [31 Ministerio de Energía y Minas , octubre 2021. [En línea]. Available: http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=1&idTitular=160&idMenu=sub149&idCategor=160.
- [32 OSINERGMIN, «Qué es OSINERGMIN?,» octubre 2021. [En línea]. Available: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/acerca_osinergmin/quienes_somos.
- [33 Ministerio de Energías y Minas, «Ley y Reglamento que regula el Cierre de Minas,» San Borja, 2023.
- [34 Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros, «Guía para la elaboración de Planes de Cierre de Minas,» Ministerio de Energía y Minas, Perú, 2006.
- [35 C. Rodríguez y D. Julca, «Gestión del cierre de minas en el Perú: estudio técnico-legal sobre el alcance de la legislación peruana en el cierre de operaciones mineras,» Documentos de Proyectos (LC/TS.2020/118) Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago, 2020.
- [36 Banco Mundial, «Mine Closure A Toolbox for Governments,» 2010. [En línea]. Available: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/278831617774355047/pdf/Mine-Closure-A-Toolbox-for-Governments.pdf>. [Último acceso: febrero 2024].

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN - FACULTAD DE INGENIERÍA
Departamento de Ingeniería Metalúrgica
 Hoja Resumen Memoria de Título

Título: Estudio comparativo internacional de metodologías aplicadas al cierre de minas		
Nombre Memorista: CARLA SOFÍA SAGREDO MOLINA		
Modalidad	Investigación	Profesor (es) Patrocinante (s)
Concepto	BUENO	 Prof. Ramón Díaz Noriega
Calificación	5.4	
Fecha	27.03.2024	
 Prof. René Gómez P.		
		Institución:
Comisión (Nombre y Firma)		
 Prof.ª. Asieh Hekmat		 Prof. Roberto Gómez Espina
Resumen		
<p>El cierre de una mina es una etapa crucial en el ciclo de vida de un proyecto minero, que incluye tareas como el desmantelamiento, la rehabilitación y el monitoreo del sitio. Este estudio compara las técnicas utilizadas para cerrar minas en Chile, Australia Occidental (Australia) y Perú. El marco institucional, las leyes y los planes de cierre de cada nación se examinaron y se han descubierto diferencias significativas, particularmente en cuanto a la perspectiva legal y los detalles de los planes de cierre. En comparación con Chile, Australia Occidental y Perú cuentan con sistemas institucionales y legales más sólidos y planes de cierre más detallados.</p> <p>La hipótesis inicial se confirma, indicando que la metodología chilena puede mejorarse utilizando estos estándares internacionales. Chile debe considerar la aplicación de tácticas efectivas de Australia Occidental y Perú, como la rehabilitación progresiva, el uso posterior del suelo y el análisis de los impactos sociales. Además, se sugiere que el marco legal se actualice y mejorar la colaboración entre instituciones con competencias en el cierre de minas. Este análisis resalta la importancia de ajustar las prácticas de cierre de minas para garantizar la sostenibilidad ambiental, social y económica en las comunidades mineras.</p>		