



Australian Government



## CIERRE DE MINAS

*Programa de Prácticas Líderes  
(Leading Practice) para el  
Desarrollo Sostenible de la Industria Minera*

**Agosto de 2016**



## **CIERRE DE MINAS**

*Programa de Prácticas Líderes  
(Leading Practice) para el  
Desarrollo Sostenible de la Industria Minera*

**Agosto de 2016**

#### Descargo de responsabilidad

Programa de Prácticas Líderes (Leading Practice) para el Desarrollo Sostenible de la Industria Minera.

Esta publicación ha sido desarrollada por un grupo de trabajo formado por expertos, representantes de la industria y representantes gubernamentales y no gubernamentales. Reconocemos y agradecemos enormemente el esfuerzo realizado por el Grupo de trabajo.

Las opiniones y puntos de vista expresados en esta publicación no reflejan necesariamente los del Gobierno de Australia o del Ministro de Asuntos Exteriores, el Ministro de Comercio e Inversión, y el Ministro de Recursos y Australia Septentrional.

Aunque se han tomado medidas razonables para garantizar que el contenido de esta publicación sea objetivamente correcto, la Commonwealth no se hace responsable de la precisión o integridad del mismo, así como de ninguna pérdida o daño que pudiera ocasionarse directa o indirectamente por el uso de esta publicación o por confiar en su contenido.

Los usuarios de este manual deben tener en cuenta que ha sido concebido como una referencia general y no pretende reemplazar el asesoramiento profesional que los usuarios pudieran necesitar en circunstancias particulares. La referencia a empresas o productos en este manual no debe considerarse como un respaldo a dichas empresas o productos por parte del Gobierno de Australia.

El programa de ayuda australiano administrado por el Departamento de Comercio y Asuntos Exteriores prestó su apoyo al Programa de Prácticas Líderes para el Desarrollo Sostenible de la Industria Minera (LPSDP), debido al valor de los informes para proporcionar asesoramiento y estudios de casos para su uso y aplicación en países en vías de desarrollo.

Imagen de portada: Mina Misima (antes y después de la rehabilitación), Barrick Gold Australia Ltd. Misima Island (PNG).

© Commonwealth of Australia 2015

Este trabajo está protegido por derechos de autor. Aparte del uso permitido en virtud de la *Ley de derechos de autor de 1968*, queda prohibida la reproducción de cualquier parte de este manual de ninguna forma sin el consentimiento previo por escrito de la Commonwealth. Las consultas y solicitudes de información sobre la reproducción y los derechos se deben enviar a Commonwealth Copyright Administration, Attorney General's Department, Robert Garran Offices, National Circuit, Canberra ACT 2600 o realizarse a través de [www.ag.gov.au/cca](http://www.ag.gov.au/cca)

Agosto de 2016.

# Contenido

AGRADECIMIENTOS	vi
PRÓLOGO	viii
1.0 INTRODUCCIÓN	1
El público objetivo	3
2.0 DESARROLLO SOSTENIBLE Y CIERRE	4
2.1 El cierre y el medioambiente	5
2.2 Contexto y estrategia	7
2.3 Componentes legales y reguladores	8
2.4 Biodiversidad local y regional	12
2.5 Gestión de residuos mineros	16
2.6 Gestión de riesgos	17
2.7 El argumento comercial a favor de la sostenibilidad en la rehabilitación y cierre de la mina	21
2.8 Posibilidades de uso del terreno tras la actividad minera	23
2.9 La comunidad y el cierre	27
3.0 FASES DE LA VIDA DE LA MINA	33
3.1 Exploración	35
3.2 Viabilidad	36
3.3 Planificación y diseño	37
3.4 Construcción y puesta en marcha	39
3.5 Operaciones	40
3.6 Desmantelamiento y cierre	41
3.7 Gestión y seguimiento posteriores al cierre	44
4.0 PLANIFICACIÓN DEL CIERRE	47
4.1 Caracterización física, química y geoquímica de los residuos mineros	48
4.2 Problemas relativos al drenaje minero	49
4.3 Diseño y construcción y de superficies terrestres artificiales	49
4.4 Relaves mineros	51
4.5 Aspectos radiológicos	54
4.6 Gestión hídrica	55
5.0 DESARROLLO DE UN PLAN DE CIERRE	59
5.1 Recopilación de información medioambiental de referencia	60
5.2 Desarrollo de una base de conocimientos sobre dominios y elementos	61
5.3 Evaluación del riesgo residual	64
5.4 Elaboración de los objetivos de cierre y criterios de finalización	64
5.5 Definición de un régimen de control e indicadores de rendimiento	66
5.6 Investigación y pruebas	67
5.7 Revisión de estrategias y planes de cierre	70

6.0 GARANTÍA FINANCIERA, REALIZACIÓN DE PROVISIONES Y RESPONSABILIDAD AMBIENTAL	76
6.1 Garantía y provisión financieras	77
6.2 Minimización de la posible responsabilidad medioambiental	82
7.0 DESMANTELAMIENTO Y CIERRE	85
7.1 Desarrollo de un plan de desmantelamiento	86
7.2 Valoración de activos y planificación de su venta o traspaso	89
7.3 Desmantelamiento de la infraestructura y polución/contaminación y descontaminación	89
7.4 Legado de infraestructura	90
8.0 CESE DE LA MINA	91
8.1 Cese de la concesión minera	92
8.2 Requisitos de gestión posterior al cierre	95
9.0 CONCLUSIÓN	99
APÉNDICE 1: VALORES PERMANENTES; RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS Y APECTOS CLAVE	101
Principios y aspectos clave relacionados con el cierre de la mina	101
APÉNDICE 2: PROBLEMAS, CONSECUENCIAS Y OPCIONES PARA LA REDUCCIÓN DE IMPACTOS	102
APÉNDICE 3: PLAN DE ELIMINACIÓN DE RELAVES	107
GLOSARIO Y ACRÓNIMOS	109
REFERENCIAS	118

## CASO PRÁCTICO:

El desarrollo del capital social y humano de un área como parte de las operaciones y los planes de cierre de una mina	13
Uso del terreno posterior al cierre, biorreactor de Woodlawn	24
Un ejemplo internacional de la preservación y rehabilitación del patrimonio; cierre y finalización de minas de lignito en las cuencas del Ruhr y el Saar en Alemania.	26
Participación comunitaria en Laos	29
Cierre no planificado	41
Uso del suelo tras el cierre, lagos de Penrith, Nueva Gales del Sur.	45
Eliminación de relaves, rehabilitación, cierre y finalización en una mina de bauxita en Australia Occidental	53
Proyecto de cierre de la mina New Wallsend: restablecimiento del arroyo Maryland	57
Cierre prematuro de una mina de interés medioambiental, cultural y de biodiversidad	62
Relaciones con la comunidad y cierre de una mina en Indonesia	68
Iluka Resources reconvierte una antigua mina de arenas minerales en tierras agrícolas productivas y vías navegables transitorias	73
Herramienta Australiana de Responsabilidad de Rehabilitación	80
Cierre, participación de los grupos de interés y valores medioambientales	83
Proyecto aurífero Mt McClure, Australia Occidental	87
Certificación de rehabilitación progresiva de Kestrel	92
Cierre a gran escala y a largo plazo de una mina con numerosas instalaciones en Tanami Mine Joint Venture, Territorio del Norte	96

# AGRADECIMIENTOS

El Programa de Prácticas Líderes para el Desarrollo Sostenible está gestionado por un comité directivo presidido por el Departamento de Industria, Innovación y Ciencia del Gobierno de Australia. Los 17 temas del programa fueron desarrollados por grupos de trabajo formados por representantes del gobierno, la industria, la investigación, académicos y comunitarios. Los manuales de prácticas líderes no se podrían haber realizado sin la colaboración y participación activa de todos los miembros de los grupos de trabajo.

Como autores principales, Harley Lacy y Kim Bennett (MWH Australia) agradecen encarecidamente las aportaciones de los siguientes coautores, que participaron en la redacción del manual *Cierre de Minas*, revisado en 2014, y les dan las gracias a ellos y a sus empleadores, que accedieron a poner el tiempo y la experiencia de los participantes a disposición del programa:

COLABORADOR	MIEMBRO	CONTACTO
 MWH® BUILDING A BETTER WORLD	D.ª Kim Bennett y D. Harley Lacy	<a href="http://www.mwhglobal.com">www.mwhglobal.com</a>
 ANGLO AMERICAN	Dr. Carl Grant Director global de planificación de cierre de minas AngloAmerican	
	Corinne Unger Consultora ambiental Planificación de cierre y rehabilitación de minas sostenibles	
 MWH® BUILDING A BETTER WORLD	Dr. David Jasper, D. Matt Braimbridge, D.ª Mellissa Bolton	<a href="http://www.mwhglobal.com">www.mwhglobal.com</a>
 IGO	D. Ron Watkins	
 RioTinto	D. Stuart Rhodes Asesor principal – Gestión de legado y cierre Salud, seguridad, medioambiente y comunidades Rio Tinto	
 Mike Slight and Associates	D. Michael Slight	<a href="http://www.mikeslightandassociates.com.au">www.mikeslightandassociates.com.au</a>

**COLABORADOR****MIEMBRO****CONTACTO**

Donna Pershke  
Responsable del grupo de sostenibilidad

[donna@pershkeconsulting.com](mailto:donna@pershkeconsulting.com)



D.<sup>a</sup> Tania Laurencont  
Científica de minería principal  
Departamento de minas y energía del  
Territorio del Norte, y

[www.minerals.nt.gov.au](http://www.minerals.nt.gov.au)

D. Peter Wagget  
Director de cumplimiento minero  
Departamento de minas y energía del  
Territorio del Norte



D. Tony van Merwyk y D.<sup>a</sup> Fiona Sinclair

[www.herbertsmithfreehills.com](http://www.herbertsmithfreehills.com)

D. Bill Biggs  
Director - Medioambiente  
Biggs and Associate

[bill.biggs@baacs.com.au](mailto:bill.biggs@baacs.com.au)

# PRÓLOGO

La serie de manuales del *Programa de Prácticas Líderes para el Desarrollo Sostenible de la Industria Minera* se ha producido para compartir la experiencia líder mundial de Australia en gestión y planificación minera. Los manuales facilitan orientación práctica sobre aspectos medioambientales, económicos y sociales a través de todas las fases de la extracción de minerales, desde la exploración hasta la construcción, operación y cierre de las minas.

Australia es un referente mundial en minería, y se ha utilizado nuestra experiencia nacional para garantizar que estos manuales proporcionen un asesoramiento útil y actualizado sobre prácticas líderes.

El Departamento de Industria, Innovación y Ciencia de Australia se ha encargado de la gestión y coordinación técnica de los manuales, en colaboración con socios de la industria privada y gobiernos estatales. El programa de ayuda internacional de Australia, gestionado por el Departamento de Asuntos Exteriores y Comercio, ha cofinanciado la actualización de los manuales en reconocimiento del papel clave que desempeña el sector minero en el impulso del crecimiento económico y la reducción de la pobreza.

La minería es una industria global y las compañías australianas son inversoras y exploradoras activas en casi todas las provincias mineras del mundo. El Gobierno de Australia reconoce que una mejor industria minera significa más crecimiento, trabajo, inversión y comercio, y que estos beneficios deberían dar lugar a mejores condiciones de vida para todos.

Para alcanzar la excelencia minera, es fundamental contar con un sólido compromiso con las prácticas líderes para el desarrollo sostenible. La aplicación de prácticas líderes permite a las empresas ofrecer un valor duradero, mantener su reputación de calidad en un clima competitivo de inversión, y garantizar el apoyo firme de comunidades y gobiernos anfitriones. Entender las prácticas líderes también es esencial para gestionar riesgos y garantizar que la industria minera despliegue todo su potencial.

Estos manuales están diseñados para facilitar información esencial a los operadores mineros, las comunidades y los organismos reguladores. Contienen casos prácticos para ayudar a todos los sectores de la industria minera, dentro y más allá de los requisitos establecidos por la ley.

Recomendamos estos manuales de *Prácticas Líderes (Leading practice)* y esperamos que los encuentren útiles a nivel práctico.



**El Excmo. Matt Canavan,**  
**Miembro del Parlamento**

Ministro de Recursos y Australia  
Septentrional



**La Excmo. Julie Bishop,**  
**Miembro del Parlamento**

Ministra de Asuntos Exteriores

# 1.0 INTRODUCCIÓN

Este manual revisado trata sobre el cierre de minas, uno de los temas del Programa de Prácticas Líderes para el Desarrollo Sostenible (LPSD). El programa pretende identificar los principales problemas que afectan al desarrollo sostenible de la industria minera y ofrecer información y casos prácticos que ilustren una base sostenible para la industria. Hay otros manuales temáticos de la serie que complementan a este manual. Los manuales de prácticas líderes integran todas las fases de la producción minera, desde la exploración hasta la fase posterior al cierre y el cese.

La industria minera está aceptando el concepto de que la terminación y el cese incluyen la entrega de un uso del suelo posterior al cierre definido, en lugar de limitarse a cerrar la mina en cuanto finaliza la fase operacional y se completa el desmantelamiento. Para ayudar a planear esto, se ha añadido una nueva fase en la vida de la mina a este manual, llamada «gestión posterior al cierre» (Apartado 3.7) para dar cabida a consideraciones a largo plazo para que las empresas gestionen las condiciones posteriores a la retirada del servicio de camino al cese.

El concepto de «prácticas líderes» ejemplifica excelentes estrategias para el cierre de la mina. Al surgir nuevos desafíos y desarrollarse nuevas soluciones, o mejores soluciones para problemas existentes, es importante que las prácticas líderes sean flexibles e innovadoras en el desarrollo de soluciones que cubran las necesidades específicas de cada mina. Aunque están basadas en los mismos principios fundamentales, las prácticas líderes consisten tanto en el enfoque y la actitud como en un conjunto determinado de prácticas o unas tecnologías concretas.

El futuro de la industria minera depende de su legado. La reputación de la industria se ve afectada cuando las minas son abandonadas o surgen impactos ambientales perjudiciales a largo plazo porque no se trataron correctamente durante la vida de la mina. En la actualidad, la industria reconoce que para acceder a los recursos futuros necesita demostrar que puede gestionar y cerrar eficazmente las minas con el apoyo de las comunidades donde opera. El compromiso continuo con la comunidad durante la vida de la mina tiene sentido a nivel comercial para las compañías que buscan contribuir al desarrollo de comunidades regionales sostenibles a través de asociaciones a largo plazo.

La palabra «legado» se usa muchas veces en este manual de cierre de minas y es un término fundamental. La industria y sus detractores suelen utilizar esta palabra con connotaciones negativas, pero en realidad legado implica y se define como «un regalo que se deja en herencia». Sin embargo, es un hecho que un legado puede ser positivo o negativo, en función del punto de vista de cada uno.

El legado de recursos minerales (Figura 1) ilustra las relaciones principales en el descubrimiento y la utilización de minerales entre empresas mineras, comunidades locales y el gobierno, y enumera y describe algunos de los amplios efectos como verbos. La interfaz común de estos tres grupos de interés principales es el legado de recursos minerales.

Hoy en día se necesita equidad social y un nuevo modo de ver el legado de recursos, ya que el conflicto por la búsqueda y el uso de minerales por parte de los seres humanos y la aportación de recursos necesarios para su extracción y procesamiento tienen un efecto masivo a nivel mundial. No obstante, la minería es una industria primaria indispensable dedicada a obtener o proporcionar materias primas naturales para su conversión en bienes o productos de consumo. En términos económicos, son esas industrias primarias las que deciden nuestra prosperidad económica. El regalo económico del legado de recursos otorga responsabilidades a todas las partes y por lo tanto, se analiza ampliamente en este manual.

Figura 1: El legado de recursos minerales

## MINERAL RESOURCES - THE LEGACY

---



Fuente: Lacy y Bennett (2015).

El marco del legado de la Figura 1 ofrece un contexto visual para abordar el extenso debate sobre la naturaleza del legado de recursos minerales en aras de fomentar la comprensión de los ciclos continuos de la vida de la mina entre empleados de la compañía, comunidades locales, grupos de interés regionales, accionistas, gerentes de la compañía, organizaciones no gubernamentales (ONG) y la sociedad en general.

El cierre de minas es un proceso. Para su éxito, debe comenzar con una planificación anticipada, implicar una rehabilitación progresiva durante las operaciones, y culminar con el desmantelamiento final, la rehabilitación y el cese. El cierre puede ser solo temporal en algunos casos, o puede desembocar en un programa de cuidado y mantenimiento. En este sentido, el término «cierre de minas» engloba una gran variedad de factores, procesos y resultados.

El cierre y la rehabilitación de la mina son los que determinan en última instancia la naturaleza del legado que se deja tras el cierre para el uso de la tierra por futuras generaciones. Si no se llevan a cabo de una forma eficaz y con arreglo a un plan, a lo largo de toda la vida de la mina, el emplazamiento podría seguir siendo peligroso y una fuente de contaminación durante muchos años. El objetivo general del cese de minas es evitar o minimizar los impactos medioambientales, físicos, sociales y económicos negativos a largo plazo, y crear un terreno estable y apto para el uso posterior acordado.

El Programa LPSD ha desarrollado una serie de éxito internacional de 17 manuales que cubren las prácticas líderes en gestión minera. Todos los manuales se pueden descargar de forma gratuita en inglés, además de una selección de manuales traducidos a otros idiomas de acuerdo con la demanda internacional (<http://www.industry.gov.au/resource/Programs/LPSD/Pages/LPSDhandbooks.aspx>).

Además de este manual, la serie incluye: *Guía para el desarrollo de prácticas innovadoras sostenibles en la minería*; *Contaminantes aerotransportados, ruido y vibración*; *Gestión de la biodiversidad*; *Compromiso y desarrollo con la comunidad*; *Gestión del cianuro*; *Evaluación del rendimiento: supervisión y auditoría*; *Gestión de materiales peligrosos*; *Rehabilitación de minas*; *Prevención del drenaje ácido y metálico*; *Gestión de riesgos*; *Gestión de residuos*; *Gestión hídrica*; y *Trabajar con comunidades indígenas*.

## El público objetivo

### Gestión minera

El objetivo principal de este manual es servir como una herramienta de gestión para mejorar la planificación e implementación del cierre de yacimientos mineros. El público objetivo incluye a personas con diversas funciones en la industria y relacionadas con ella, aunque está dirigido principalmente a los gerentes de mina, que son los responsables fundamentales de la toma de decisiones para implementar prácticas líderes en las operaciones mineras. El gerente de mina y su equipo son los encargados de evaluar los riesgos, identificar las oportunidades y tomar medidas para aumentar el valor de la operación. Los gerentes se encuentran además en una posición en la que pueden utilizar esta experiencia para formular un caso de negocios que cambie las normas y prácticas corporativas. La implementación minuciosa y eficaz de la rehabilitación progresiva, la planificación y ejecución del cierre añadirán valor a la operación minera.

El término «gestión minera» se utiliza de forma genérica en este manual, y pretende englobar a todas aquellas personas con responsabilidades de gestión en áreas funcionales, como la exploración, la construcción, el mantenimiento, la metalurgia, la minería y la coordinación medioambiental y comunitaria. La estructura de esta guía permite a estos especialistas extraer la información más útil para ellos en sus funciones diarias o estratégicas.

### Público de carácter técnico

Este manual será relevante para aquellos con funciones no operacionales, pero interesados en las prácticas líderes de la industria minera, incluidos directores, gerentes, profesionales de las relaciones comunitarias, asesores y proveedores de la industria, y organismos gubernamentales.

### Público de carácter no técnico

El manual también es un libro de utilidad sobre los principios fundamentales de la planificación del cierre para aquellos que puedan no haber trabajado o estado expuestos a la industria. Aunque algunos apartados son inevitablemente técnicos, ha sido redactado para ser entendido por una gran variedad de lectores, incluidos grupos de interés asociados o potencialmente afectados por las operaciones mineras. Entre esos lectores pueden encontrarse representantes de ONG, comunidades mineras, comunidades vecinas y estudiantes. Se ha escrito para animar a esas personas a desempeñar un papel determinante en la mejora continua de la implementación del desarrollo sostenible de la industria minera.

Dado el amplio público objetivo del manual y la gran diferencia en la experiencia minera de los lectores, se incluye un glosario al final del libro.

## 2.0 DESARROLLO SOSTENIBLE Y CIERRE

### ASPECTOS CLAVE

- En el sector minero, el desarrollo sostenible significa que las inversiones en proyectos mineros deben ser rentables a nivel financiero, idóneas a nivel técnico, sólidas a nivel ambiental y responsables a nivel social.
- Dado que el acceso a estos recursos se relaciona con la reputación corporativa y de la industria, los procesos eficaces de cierre y el cese satisfactorio de la mina se vuelven cruciales para la capacidad de una compañía de desarrollar nuevos proyectos.
- La planificación del cierre exige establecer un marco de rendimiento para el cierre de la mina, que facilite una estrategia consistente y permita medir el éxito del cierre.
- La interacción constante entre reguladores, la comunidad y la industria es una parte importante de las operaciones mineras eficientes y eficaces, incluidos el desarrollo de recursos y la gestión de impactos acumulativos.
- La conservación de la biodiversidad es, y seguirá siendo, una consideración importante en la planificación del cierre de la mina.
- La caracterización integral y el manejo de materiales (incluidos suelos y residuos) durante la vida de la mina son ampliamente reconocidos como fundamentales para la rehabilitación, el cierre de minas y el uso del suelo posterior a la explotación minera.
- La gestión de riesgos es una parte integral de la planificación del cierre de minas, y una estrategia de gestión de riesgos durante la vida de la mina puede permitir que la operación identifique riesgos y desarrolle controles para lograr el cierre, la rehabilitación y el cese sostenibles de la mina.
- La rehabilitación progresiva es un proceso de la vida de la mina que produce beneficios que permiten lograr los objetivos de uso del suelo tras la explotación minera.
- Es imperativo que los grupos de interés y el proponente acuerden un conjunto de objetivos de cierre y criterios de finalización como parte del proceso de aprobaciones que permitirá a la compañía ceder el emplazamiento de manera tal que cumpla los requisitos legislativos y los objetivos comunitarios.
- Un compromiso con las prácticas líderes en desarrollo sostenible es un requisito previo para que una compañía minera obtenga y mantenga su «licencia social para operar» en una comunidad.

La definición más aceptada de desarrollo sostenible fue propuesta por la Comisión Mundial sobre Medioambiente y Desarrollo en su histórico informe, *Nuestro futuro común* (Informe Brundtland, 1987): «desarrollo que cubre las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de futuras generaciones de cubrir sus propias necesidades».

En el sector minero, desarrollo sostenible significa que las inversiones en proyectos mineros deben ser rentables a nivel financiero, adecuadas a nivel técnico, sólidas a nivel ambiental y responsables a nivel social. Las empresas involucradas en la extracción de recursos no renovables están sometidas a una creciente presión para integrar el concepto de sostenibilidad en los procesos y operaciones de toma de decisiones estratégicas. Además de estas consideraciones, las empresas responsables han sido capaces de avanzar hacia la sostenibilidad a través del

desarrollo de una serie de iniciativas de buena gestión. El desarrollo económico, el impacto medioambiental y las responsabilidades sociales deben gestionarse adecuadamente y deben existir relaciones productivas entre los gobiernos, la industria y los grupos de interés.

Una serie de marcos de políticas de desarrollo sostenible desarrollados por la industria y otras organizaciones actúan ahora como impulsores de prácticas mejoradas. Ejemplo de ello es el enfoque del que hizo gala el Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM), que adoptó un conjunto de 10 principios de desarrollo sostenible en 2003 con el fin de aprovechar el compromiso de la industria con el desarrollo sostenible dentro de un marco estratégico (ICMM, 2003).

Para dar efecto práctico y operativo a los compromisos del ICMM, el Consejo de Minerales de Australia (MCA) desarrolló *Valor duradero: el marco de la industria de minerales de Australia para el desarrollo sostenible* (MCA, 2004). El marco del MCA se convirtió en una guía de trabajo para las compañías mineras australianas que buscaban integrar y mejorar de manera continua los enfoques de desarrollo sostenible en su estrategia y operaciones. En 2012, se revisaron los 10 principios iniciales; los principios preliminares revisados y los elementos relacionados con el cierre se enumeran en el Apéndice 1 de este manual.

Lo ideal es que las minas solo se cierren cuando se agoten los recursos minerales y se haya desarrollado un plan de cierre que se implemente de forma progresiva. Se dispone de tiempo para la planificación, el control y los ensayos, y de fondos externos para cubrir los costes de implementación del plan de cierre. Se pueden lograr resultados predeterminados o progresar de manera satisfactoria y hay numerosas oportunidades de superar cualquier problema grave que pueda crear conflictos después del cierre. Los grupos de interés están preparados para la fecha prevista de cierre, los empleados pueden buscar empleos alternativos, y la comunidad tiene la oportunidad de trabajar con la mina para garantizar beneficios sostenibles derivados de las actividades mineras.

No obstante, las minas extraen reservas, no recursos, y el grado y tonelaje de las reservas varían según el día y el precio del producto básico, la calidad o el grado del mineral, los resultados de exploraciones adicionales, las complicaciones geotécnicas y otros factores que pueden dar como resultado el cierre de la mina antes de extraerse la totalidad estimada de la reserva. Esta situación puede crear graves problemas a la compañía minera, la comunidad y el regulador.

## 2.1 El cierre y el medioambiente

El desarrollo de una operación minera, incluidas sus instalaciones e infraestructura de procesamiento, suele implicar la modificación permanente de terrenos existentes, alteraciones de la flora, trastornos en los hábitats de la fauna, impactos hidrológicos y cierto nivel potencial de contaminación.

## Impactos ambientales

- *Topografía y terrenos:* los cambios temporales del terreno derivados de las operaciones mineras incluyen carreteras de acceso y transporte, zonas de almacenamiento y superficies sólidas, pilas de acopio de mantillo, plantas de procesamiento e infraestructuras de soporte. Los cambios permanentes incluyen huecos de minas a cielo abierto, depósitos de roca estéril, instalaciones de almacenamiento de relaves (TSF) y desvíos permanentes de caudales.
- *Flora:* los impactos directos en las comunidades vegetales se producen principalmente como consecuencia del despeje de la mina, los depósitos de roca estéril, la planta de procesamiento, la TSF y las infraestructuras asociadas.
- *Fauna:* el impacto de la minería en la fauna se puede describir generalmente como primario o secundario. El impacto primario es la destrucción directa de los hábitats a través del despeje de terrenos y los movimientos de tierra. Los impactos secundarios tienen que ver con actividades con distintos grados de alteración más allá del lugar inmediato donde tiene lugar la explotación minera, como carreteras de acceso y transporte, líneas eléctricas, tuberías y corredores de transporte, otras infraestructuras, introducciones de animales salvajes o aumento de su cantidad, y actividades generales del personal.
- *Aguas subterráneas e hidrología de aguas superficiales:* el desarrollo de minas a cielo abierto, pilas de acopio de minerales, depósitos de roca estéril, TSF, plantas de procesamiento y otras infraestructuras, con frecuencia interrumpen los patrones de drenaje natural. Esta interferencia puede dar lugar a falta de agua en la corriente descendente de sistemas de drenaje del desarrollo minero o a efectos «sombra» localizados sobre vegetación que puede depender de caudales intermitentes.
- *Contaminación del suelo y el agua:* las reacciones químicas en relaves y roca residual tienen el potencial de ser perjudiciales para el medioambiente y la rehabilitación, y de causar la contaminación de suelos superficiales, aguas subterráneas y agua superficial. Además, las operaciones de minería y procesamiento transportan, almacenan y utilizan una serie de materiales peligrosos, incluidos combustibles, reactivos de procesos, lubricantes, detergentes, explosivos, disolventes y pinturas. Si estos materiales no se manejan correctamente, pueden causar contaminación atmosférica, del suelo o el agua, y potencialmente plantear riesgos constantes para la salud humana y el medioambiente.

La gestión ambiental de estos problemas durante las operaciones puede ayudar a minimizar sus impactos y el coste futuro de la gestión. Sin embargo, es inevitable que haya impactos residuales en la finalización de las operaciones de minería y procesamiento que deberán gestionarse:

- riesgos y peligros para la seguridad pública;
- fuentes potenciales de contaminación continua;
- futuro uso del suelo y demandas de recursos;
- compatibilidad ecológica;
- expectativas comunitarias;
- estética.

Muchos de los aspectos indicados y los impactos resultantes dependen de la naturaleza del proyecto y de factores ambientales específicos de cada yacimiento. Por lo tanto, es importante definir estos aspectos y sus impactos para cada proyecto como parte de la planificación del cierre de la mina.

## 2.2 Contexto y estrategia

Hay muchas razones por las que las minas pueden cerrar prematuramente. Las investigaciones demuestran que casi el 70 % de las minas que cerraron en los últimos 25 años en Australia han tenido cierres imprevistos y no planificados (Laurence, 2002); es decir, cerraron por razones distintas del agotamiento de las reservas, como:

- motivos económicos, como bajos precios de productos básicos o altos costes que pueden llevar a la compañía a declararse insolvente o en concurso de acreedores;
- motivos geológicos como una reducción imprevista del grado o tamaño del yacimiento mineral;
- motivos técnicos, como condiciones geotécnicas adversas o fallas mecánicas o de equipos;
- dirección reguladora, debido a infracciones medioambientales o de seguridad;
- cambios de política, que se producen ocasionalmente, en particular cuando cambian los gobiernos;
- presiones sociales o comunitarias, especialmente de ONG;
- cierre de la industria o mercados secundarios;
- inundación imprevista de la mina.

Las minas mal cerradas o desatendidas (huérfanas y abandonadas) suponen un difícil problema de legado para los gobiernos, comunidades y compañías mineras, y en última instancia, mancillan la industria minera en general. Cada vez más, al vincularse el acceso a los recursos con la reputación industrial y corporativa, los procesos de cierre eficaz y el cese satisfactorio de la mina se vuelven cruciales para la capacidad de una compañía de desarrollar nuevos proyectos.

El hecho de que se entiendan mejor los riesgos y oportunidades asociados con el cierre puede afectar al proceso de planificación de cierre para optimizar las estrategias comerciales a largo plazo. El objetivo de un plan de cierre de mina debe ser garantizar el establecimiento de un proceso que guíe la toma de decisiones y permita entender sus repercusiones durante la vida de la mina.

La planificación del cierre requiere el establecimiento de un marco de rendimiento para cierre de minas que facilite una estrategia consistente y permita medir el éxito del cierre. Este manual describe una estrategia integrada para la planificación del cierre de minas y el aprovisionamiento de cara al cierre, y defiende el hecho de que la rehabilitación progresiva puede lograr provisiones financieras y una planificación efectiva del cese de la mina y paliar los efectos negativos de los cierres imprevistos o no planificados.

Este manual cubre detalladamente los siguientes aspectos de un marco de rendimiento:

- requisitos legales y reguladores;
- gestión de riesgos;
- requisitos de gestión social y medioambiental;
- uso del suelo tras la explotación minera;
- objetivos de cierre y criterios de finalización;
- garantía financiera y aprovisionamiento;
- requisitos de desmantelamiento;
- consideraciones de seguridad.

Las mejores estrategias y planes de cierre son dinámicos y se encuentran sometidos a un escrutinio constante. Las revisiones reflejan tanto los cambios en el estado físico del proyecto como el aumento de los conocimientos y la comprensión del proyecto al progresar durante su vida útil.

## 2.3 Componentes legales y reguladores

### 2.3.1 Compromisos, cumplimiento y regulación

Las obligaciones específicas relacionadas con el cierre de minas en la mayoría de las jurisdicciones australianas incluyen la planificación como parte del proceso de aprobación. Estas obligaciones surgen a través de regímenes de aprobación clave (en particular aquellos conformes a la legislación relacionada con la minería, la planificación y el medioambiente) y fijan un estándar mínimo de la industria para el cierre, que debe planificarse y evidenciarse antes de obtener las aprobaciones. Los reguladores suelen tener autoridad para aplicar la ley en relación a estos compromisos, que pueden también pueden suponer garantías financieras.

Las obligaciones específicas relacionadas con el cierre de la operación se deben considerar cuidadosamente para garantizar un resultado aceptable para el regulador, además de garantizar el mejor resultado para el operador y el medioambiente. Un ejemplo de ello es el desarrollo de objetivos de cierre y criterios de finalización, que se desarrollan a través de este proceso y siguen aplicándose durante la vida de la mina. Una incorrecta planificación del cierre de la mina puede dar lugar al incumplimiento de los criterios de rehabilitación y cierre, dando como resultado un trabajo de rehabilitación continuo y costoso para finalizar los principales objetivos de cierre.

Hay numerosas obligaciones jurídicas generales que también están relacionadas con el cierre. Surgen en virtud de la legislación, en cada jurisdicción y conforme a los principios de derecho consuetudinario. Las obligaciones generales también pueden surgir a través de regímenes de aprobación claves (en particular de aquellos conformes a la legislación relacionada con minería, planificación y medioambiente), y también en virtud de una serie de leyes específicas que suelen existir para tratar temas como la contaminación, la protección de la flora y la fauna, los vertederos, los residuos controlados, los materiales peligrosos, la administración de terrenos, y materiales específicos como hidrocarburos y asbestos.

Estas obligaciones generales son relevantes durante las operaciones, el desmantelamiento, el cierre y después del cierre. Las minas que no se devuelven a ecosistemas sostenibles después de su vida útil tienen el potencial de causar daños medioambientales tanto en su emplazamiento como en los alrededores debido a la circulación de contaminantes a través de las principales vías de contaminación (viento, agua superficial y aguas subterráneas). La legislación contiene potentes herramientas que requieren que los operadores detengan y remedien estos problemas.

Además de gestionar las obligaciones jurídicas, los operadores también deben considerar sus responsabilidades potenciales según el derecho consuetudinario. Las tres medidas principales de derecho consuetudinario que se pueden tomar contra el operador de una mina en relación con su rendimiento de seguridad, salud o medioambiente en el cierre de un yacimiento son molestias, negligencia e incumplimiento del deber legal. Una adecuada planificación de cierre de la mina y su correspondiente aprovisionamiento ayudan a las empresas a evitar estas medidas y, si se toman medidas privadas de esta naturaleza, pueden demostrar que se tomaron todas las precauciones razonables para evitar y mitigar los impactos a terceros.

Es importante identificar las obligaciones de cierre de la compañía para eliminar o gestionar los riesgos legales y garantizar que se cumplan todas las obligaciones. Un enfoque útil consiste en categorizar las obligaciones jurídicas según la entidad a la que se vinculan. En general, las obligaciones relacionadas con el cierre recaerán en el titular de una aprobación, el ocupante del terreno o instalaciones, o la persona que realiza la actividad. Es importante considerar cómo se categoriza la obligación para determinar quién se hace cargo del riesgo y cómo se puede retirar la obligación. Cuando la obligación es responsabilidad del titular de la aprobación, se puede minimizar la responsabilidad potencial mediante cesión o vencimiento de la autoridad competente. Cuando la obligación recae en el ocupante, la responsabilidad potencial puede reducirse al dejar de ocupar las instalaciones. Por el contrario, la obligación de la persona que realizó la acción impugnada no se puede extinguir fácilmente y tiene el potencial de convertirse en obligación continua si no se mantienen los buenos resultados del cierre.

## 2.3.2 Gobierno-comunidad: una «interrelación» crucial que afecta al cierre y al cese

Un aspecto importante del desarrollo minero y su uso de terreno sostenible es el papel del gobierno y los reguladores en la interfaz entre comunidad e industria minera. Una comunicación eficaz de alta calidad y una buena relación de respeto entre reguladores, comunidad y representantes de minería son importantes para desarrollo de recursos eficientes y eficaces.

Cuando las compañías mineras realizan exploraciones, desarrollos, operaciones y cierres de minas en su región, las comunidades esperan que el regulador represente la garantía de la legislación y vele por sus intereses en la aplicación de leyes y normativas de forma eficaz. Por otra parte, las compañías de recursos esperan que el regulador apoye eficazmente el desarrollo de recursos minerales mientras ofrece asesoramiento sobre los procesos, procedimientos y requisitos de las leyes y normativas aplicables.

Los gobiernos responden inevitablemente a los problemas de la comunidad, y esto ha provocado cambios en la legislación y un aumento de la responsabilidad por parte de la industria minera de tener un buen rendimiento y reducir el riesgo de responsabilidades asociadas con el cierre de minas.

Por lo tanto, los gobiernos pueden encontrarse con que:

- se les solicita que financien la reparación de minas abandonadas que afectan a comunidades y ecosistemas
- respondan a cierres de minas inadecuados o imprevistos reduciendo la facilidad de la industria minera para operar, de manera que aumentan los costes de su actividad
- otorguen a las comunidades la capacidad de retirar la licencia social para explorar y operar.

A modo de ejemplo, el Gobierno de Queensland revisó en 2012 sus políticas operativas relacionadas con la extracción de recursos y su impacto en un esfuerzo por mejorar el asesoramiento a la industria y la comunidad de:

- la *Ley de Recursos Minerales de 1989*;
- la *Ley de Petróleo y Gas (Producción y Seguridad) de 2004*;
- la *Ley del Petróleo de 1923*;
- la *Ley de Almacenamiento de Gases de Efecto Invernadero de 2009*;
- la *Ley de Energía Geotérmica de 2010*.

Las mejores prácticas en el cierre de minas, usando los conceptos de este manual, alientan a la industria a aplicarlas con responsabilidad y a demostrar a la comunidad y al gobierno que implementa buenos programas de cierre de minas. Todos los grupos de interés deben tener pruebas de que, con las investigaciones y la recopilación sistemática de datos, se pueden resolver los problemas y entender de forma conjunta los impactos acumulativos.

En Estados Unidos, un ejemplo integral a gran escala de respuesta reguladora es la Ley de Reclamación y Minería de Roca Dura de 2015 (actualmente derivada al comité del Senado) (Congreso de EE.UU., 2007/2009). La Ley se creó en respuesta a la identificación de unas 500.000 minas de roca dura en EE.UU. que no están cubiertas eficazmente por la Ley Integral de Respuesta, Compensación y Responsabilidad Medioambiental de 1980 (CERCLA, 1980). La Ley de 2015 contempla el cobro de tarifas, multas y derechos.

Aproximadamente dos tercios de todos los ingresos por derechos de este fondo se destinan a un «Fondo de reclamación» para limpiar las minas abandonadas en terrenos federales. El tercio restante se destina a un «Fondo de asistencia al impacto comunitario de minerales localizables», que presta ayuda a comunidades que se vean social o económicamente afectadas por el ciclo de auge y caída de las actividades de minería y procesamiento de minerales.

### 2.3.3 Impactos acumulativos

Durante la década de los noventa y los primeros años del siglo XXI, Australia experimentó un rápido desarrollo en las regiones de recursos de la nación. Tal rapidez de expansión hizo que una serie de complejos impactos socioeconómicos y medioambientales se hicieran cada vez más aparentes a tres niveles:

- *impactos acumulativos localizados* de operaciones mineras en las inmediaciones del emplazamiento del proyecto; incluyen efectos acumulativos de operaciones suficientemente cercanas como para causar efectos aditivos en el medioambiente o en receptores sensibles;
- *impactos acumulativos regionales*, incluida la contribución del proyecto a los impactos causados por operaciones mineras dentro de una región; por ejemplo, dentro de la cuenca de Bowen cada operación de extracción de carbón en sí podría no tener un impacto importante, pero su efecto acumulativo en el valor del hábitat, la calidad del agua y la situación socioeconómica regional puede ser digno de consideración;
- *impactos acumulativos globales*—emisiones de gases de efecto invernadero.

El desarrollo minero ha generado una serie de impactos acumulativos positivos a nivel local y regional, como el desarrollo de comercio local, empleo y suministro de servicios e infraestructura. No obstante, estos beneficios vienen acompañados por impactos potenciales de largo alcance que suponen un reto para las respuestas reguladoras y de gestión tradicionales:

- aumento del polvo y los contaminantes aerotransportados;
- efectos en la calidad del agua por los vertidos de la mina;
- impactos en el aspecto visual;
- conflictos por el uso del suelo, especialmente en relación con la periferia urbana y terrenos agrícolas de alta calidad;
- pérdida de biodiversidad e impactos en los servicios de ecosistemas.

Cada uno de estos impactos está directa o indirectamente vinculado a complejos entornos de recepción biofísica o social, y conllevan efectos progresivos o combinados y complejos procesos de retroalimentación (Brereton et al. 2012). Los impactos acumulativos de los proyectos mineros y la calidad y naturaleza del paisaje de cierre y rehabilitación son cada vez más importantes para la comunidad, ya que los impactos de las minas mal cerradas se ven en un sentido colectivo. «Los impactos acumulativos son los impactos sucesivos, progresivos y combinados (positivos y negativos) de una actividad en la sociedad, la economía y el medioambiente» (Brereton et al. 2012).

Para garantizar que los impactos acumulativos de todas las fuentes se mantengan dentro de los límites aceptables, se han de considerar los impactos combinados, secundarios y de interacción a nivel de sistema (Duinker y Greig, 2007). Suele considerarse que las estrategias conjuntas de gestión de impactos acumulativos, que involucran no solo a minas y compañías sino también al gobierno, tienen el potencial de producir resultados de desarrollo sostenible. Algunos ejemplos de iniciativas de colaboración incluyen:

- *multisector*: en el sector gubernamental, de la sociedad civil, privado o cualquier combinación de estos;
- *multiindustria*: varias industrias (como minería y agricultura);

- *intraindustria*: varias compañías dentro de una industria;
- *intergubernamental*: varios departamentos gubernamentales, varios niveles de gobierno o ambos.

Queensland anima oficialmente a la cooperación. Los términos genéricos de referencia para declaraciones de impacto medioambiental, emitidos por el Departamento de Recursos Naturales y Minas (anteriormente, el Departamento de Gestión Ambiental y de Recursos) dicen: «Cuando los impactos de un proyecto no se encuentran aislados de otras fuentes de impacto, se recomienda que el proponente desarrolle acuerdos de consulta con otras industrias en el área de la propuesta» (Brereton et al. 2012).

La colaboración no siempre es la respuesta, y el beneficio potencial solo se hará realidad si el grupo de colaboración tiene unos intermediarios, una coordinación y un liderazgo adecuados, supera los desafíos y evita las dificultades potenciales asociadas con la formación y el mantenimiento de redes (Huxham, 2003).

Desde una perspectiva reguladora, se reconoce que las políticas que rigen los paisajes de rehabilitación y posteriores al cierre influyen en los impactos acumulativos de la minería y en las percepciones de la comunidad. Por ejemplo, los impactos acumulativos en el terreno agrícola y en otros usos de la tierra ahora están reconocidos por el Gobierno de Nueva Gales del Sur (NSW), que ha introducido evaluaciones de impacto agrícola como parte del proceso de aprobaciones de proyectos mineros.

Se predijo que la parte superior del valle de Hunter experimentaría una expansión de la actividad de minería de carbón durante los próximos 20 a 30 años. Como consecuencia, el 20 de septiembre de 2012, el Gobierno de Australia firmó un acuerdo con el Gobierno de NSW para realizar evaluaciones estratégicas de un plan de biodiversidad para la extracción de carbón en la parte superior del valle de Hunter según el artículo 146 de la *Ley de Conservación de la Biodiversidad y Protección Medioambiental de 1999* (ley EPBC). Se espera que las nuevas propuestas de minería deban ser aprobadas en virtud de la ley medioambiental federal junto con los procesos estatales de aprobación, puesto que hay comunidades ecológicas y especies protegidas a nivel nacional en la zona. La evaluación de impacto se ha llevado a cabo utilizando una versión modificada de la Metodología de Evaluación para la Certificación de la Biodiversidad. Actualmente, la evaluación sigue en proceso de estudio (NSW DPE, 2016); pero mientras tanto, está previsto que se establezca un fondo de compensaciones para permitir que las compañías mineras que operan en la parte superior del valle de Hunter paguen una suma estimada como el equivalente de sus obligaciones de compensación (NSW OEH, 2014). Todas las compañías mineras que esperan realizar operaciones de extracción de carbón significativas en la parte superior del valle de Hunter participan en este proceso. Estas compañías financian evaluaciones de biodiversidad sobre arrendamientos mineros y la preparación del plan de biodiversidad que será redactado por el Gobierno de NSW. La evaluación de campo y el cálculo de compensaciones estarán a cargo de consultores independientes que han sido acreditados para aplicar la Metodología de Evaluación para la Certificación de la Biodiversidad de NSW.

Se pueden lograr beneficios de conservación considerables, incluidos los siguientes:

- información completa sobre valores de biodiversidad dentro de los límites del arrendamiento mucho antes de la planificación minera (esto debería permitir evitar los impactos en la mayor medida posible);
- pautas para mitigar impactos en las comunidades ecológicas y especies protegidas durante la construcción de la mina y las fases de operación;
- un marco para la compensación de impactos inevitables, que incluye la creación de un fondo de compensación agrupado, la identificación de prioridades regionales de inversión y el fomento de formas innovadoras de facilitar el suministro privado de compensaciones;
- un marco para la restauración ecológica de terrenos al finalizar la actividad minera.

Esta información ha sido extraída de la página web del Departamento de Medioambiente: <http://www.environment.gov.au/node/25244>.

Antes de comenzar las operaciones en un área determinada, las compañías mineras deben delinear los valores de biodiversidad de la zona. La información resultante es esencial para la identificación de los principales riesgos para la biodiversidad y el diseño eficaz de programas de gestión y objetivos de cierre y rehabilitación. La fase inicial de supervisión de referencia implica revisar la información previa disponible sobre valores de biodiversidad en los contextos internacional, nacional, regional y local.

En Australia, todo proyecto de desarrollo está sujeto a evaluaciones estatales y nacionales, si se han definido valores de importancia en virtud de la legislación pertinente. Hay zonas protegidas tanto por la legislación federal como por la estatal que pueden excluir la minería, la exploración, o ambas en áreas específicas (como parques nacionales o marinos).

## 2.4 Biodiversidad local y regional

La biodiversidad describe la amplitud de la vida en la tierra, desde especies animales hasta genes y ecosistemas. La conservación de la biodiversidad es, y seguirá siendo, una consideración importante para la minería en el futuro. Esto se debe en parte a una creciente conciencia de la importancia de la conservación de la biodiversidad y también a que la industria opera con frecuencia en zonas del mundo remotas y sensibles a nivel ambiental. Demostrar un compromiso con la conservación de la biodiversidad es ahora un elemento esencial del desarrollo sostenible para la industria metalúrgica y minera (Apéndice 1, Principio 7).

La minería tiene el potencial de afectar a la biodiversidad durante el ciclo de vida de un proyecto, tanto de forma directa como indirecta. Los impactos directos o primarios de la minería pueden ser causados por cualquier actividad que implique un despeje del terreno, como la construcción de carreteras de acceso, perforaciones de exploración, eliminación de sobrecarga, construcción de presas de relaves y descargas directas en masas de agua (desecho de relave pluvial) o aire (polvos y emisiones de fundiciones). Por lo general, los impactos directos son fácilmente identificables. Los impactos indirectos o secundarios pueden ser causados por cambios sociales o medioambientales inducidos por las operaciones mineras y con frecuencia son más difíciles de identificar a primera vista. El potencial de impactos significativos es mayor cuando la minería tiene lugar en áreas remotas y sensibles a nivel social o medioambiental.

Un impedimento clave en el manejo de la biodiversidad es actualmente el conocimiento taxonómico limitado; se estima que solo una de cada cuatro especies en Australia es conocida (PMSEIC, 2005). Para la industria minera, esto supone una incertidumbre importante en la evaluación de biodiversidad previa a la explotación, especialmente en regiones biodiversas.

A pesar del importante potencial de impacto negativo de las operaciones mineras en la biodiversidad, hay muchas cosas que las compañías mineras pueden hacer para minimizar o impedir tales impactos en zonas identificadas como aptas para la minería. También tienen muchas oportunidades de fomentar la conservación de la biodiversidad en sus áreas de operaciones. Las prácticas líderes se demuestran cuando las compañías desarrollan herramientas y enfoques que mejoran su gestión de los impactos en la biodiversidad. Si desea leer más sobre el tema, consulte el manual de prácticas líderes *Gestión de la biodiversidad* (DIIS 2016a).

Las buenas prácticas, la colaboración y el pensamiento innovador pueden hacer avanzar la conservación de la biodiversidad en la industria. Existe un mayor reconocimiento de la función fundamental que desempeñan las empresas en la dirección de una serie de estrategias innovadoras para la conservación de la biodiversidad (en colaboración con los gobiernos, la comunidad y los investigadores) para convertir las amenazas para la biodiversidad en oportunidades. Por su parte, la industria busca el desarrollo continuo de documentos de orientación sobre biodiversidad y una estrategia estructurada que siga las pautas aceptadas para identificar, medir y manejar los impactos y los riesgos.

*Minería y biodiversidad: una recopilación de casos prácticos*, del ICMM, presenta casos prácticos de gestión de la biodiversidad durante las fases de planificación o proyección de minas en EE.UU., Indonesia y Madagascar, seguidos de casos prácticos de programas de biodiversidad implementados por minas operativas en Argentina, Australia, Brasil, Colombia, Namibia, Perú y Sudáfrica (ICMM 2010).

### **Mitigación y compensaciones**

La mitigación y las compensaciones son cada vez más importantes para las compañías mineras y los reguladores australianos. La mitigación se refiere generalmente a medidas tomadas para evitar, minimizar, rehabilitar o compensar los efectos del daño ambiental directo o indirecto. Las compensaciones medioambientales son medidas que aportan beneficios medioambientales que contrarrestan los impactos residuales significativos de un proyecto o actividad. A diferencia de las medidas de mitigación, que se llevan a cabo en el yacimiento como parte del proyecto y reducen el impacto directo del mismo, las compensaciones se realizan fuera del área del proyecto y contrarrestan impactos residuales significativos. Al aplicarse, estos conceptos pueden equilibrar con eficacia el acceso a recursos minerales y la protección de valores de biodiversidad. Un mayor desarrollo de estas estrategias puede traer consigo más oportunidades para la industria minera en su intento de adoptar prácticas sostenibles de gestión de la biodiversidad.

La interdependencia entre personas y biodiversidad es más aparente para algunos pueblos indígenas, que pueden llevar un estilo de vida de subsistencia y depender de manera esencial de la biodiversidad, o cuya cultura e historia están íntimamente ligadas al entorno natural y sus ecosistemas. En muchas culturas occidentales, aunque nuestra dependencia de la biodiversidad se ha vuelto menos tangible y aparente, sigue siendo de suma importancia (ICMM 2006).

Para leer más sobre el tema, consulte el manual de prácticas líderes *Trabajar con comunidades indígenas*.

Hay más información sobre impactos potenciales en la biodiversidad (y medidas para reducirlos) en el Apéndice 2 de este manual.

### **Caso práctico: El desarrollo del capital social y humano de un área como parte de las operaciones y los planes de cierre de una mina**

La mina de oro Misima, que inició sus operaciones en 1987, operó hasta 2004 y produjo 3,6 millones de onzas de oro. La mina se encontraba en la isla Misima, ubicada 200 km al este del territorio continental de Papúa Nueva Guinea (PNG). Las labores finales de movimiento de tierras, rehabilitación y deconstrucción se terminaron en abril de 2005.

Misima Mines Ltd operaba la mina, cuya titularidad recaía sobre una empresa conjunta formada por Placer Dome, compañía matriz de Misima Mines (80 %), y una compañía estatal de PNG, Orogen Minerals (20 %). En 2006, Barrick adquirió Placer Dome y sus minas. El arrendamiento minero fue formalmente cedido por Barrick en diciembre de 2011, después de cumplirse los requisitos regulatorios del Gobierno de PNG.

#### **Impactos en la sostenibilidad**

La isla Misima fue considerada particularmente vulnerable a los impactos sociales de la minería a gran escala, ya que los isleños no habían estado expuestos a un desarrollo así anteriormente y tenían una experiencia muy limitada con la economía monetaria. Antes de la apertura de la mina, la vida en la isla se basaba en la agricultura y la pesca de subsistencia, complementadas con el dinero en efectivo ganado con la venta de copra.

Durante la operación de la mina, se mejoró la infraestructura vial para poder transportar a los trabajadores desde sus aldeas remotas hasta el yacimiento. Misima Mines construyó aulas, puestos de ayuda médica y sistemas de suministro de agua potable a través de un esquema de crédito fiscal que redireccionaba un porcentaje de los ingresos del gobierno a la comunidad local. Las tiendas comerciales existentes se expandieron y se abrieron nuevas para vender a los trabajadores una mayor gama de productos. El gobierno construyó una escuela secundaria en la isla, y esto permitió que más niños locales ampliaran su educación.

Tras el cierre de la mina, las mejoras realizadas en la calidad de vida de los isleños comenzaron a deteriorarse. Se redujeron las oportunidades de empleo, y muchos propietarios de terrenos tuvieron que volver a la agricultura y pesca de subsistencia. La financiación de la mejora y mantenimiento continuos de los sistemas de infraestructura relacionados con la operación de la mina, como carreteras, redes de electricidad y mejoras en el aeropuerto, cesaron, ya que no se había desarrollado ninguna otra industria que proporcionara flujos de ingresos alternativos. Además, el Gobierno de PNG tenía poca capacidad para mantener esos proyectos a través del presupuesto nacional.

### **La respuesta de gestión de minas**

Misima Mines se centró en desarrollar el capital social y humano de la isla. Una mejor infraestructura de educación creó un nivel de alfabetización relativamente alto en la isla. La compañía también ayudó a los empleados a conseguir titulaciones en diversas profesiones y oficios especializados, como contabilidad, enfermería e ingeniería. La compañía contrató a una ONG para ayudar a los líderes locales a desarrollar las habilidades necesarias para crear planes estratégicos para cada aldea y luego elevarlos a niveles más altos de gobierno. Misima Mines también ayudó a los propietarios tradicionales de la tierra a organizarse e iniciar un fondo de fideicomiso con el dinero obtenido gracias a los derechos.

El capital social implicó tener suficiente cohesión interna para acordar y trabajar hacia la obtención de metas comunes. En Misima, tradicionalmente, la acción cooperadora apenas se extendía más allá de los niveles de clanes y aldeas. El desafío era conseguir que los diversos y dispersos clanes y aldeas se unieran y se hicieran cargo de la planificación de su futuro conjunto. Misima Mines convocó a un grupo asesor compuesto por los líderes de todos los grupos de interés. Incluía iglesias, una asociación de mujeres, una ONG nacional de desarrollo humano, una ONG social y medioambiental internacional, propietarios de terrenos y cuatro niveles de gobierno.

Los principales problemas a los que se enfrentaba el grupo asesor eran la seguridad alimentaria, las fuentes alternativas de ingresos en efectivo y el mantenimiento de la infraestructura pública. Misima Mines tomó una parcela de tierra y abrió un centro de formación e investigación agrícola que experimentó con diversos cultivos de alto valor y bajo peso para exportación, como vainilla, kava y nuez moscada.



*Rehabilitación de la mina Misima, con el lago de cantera a la izquierda de la imagen.*

Fuente: Manual de finalización y cierre de la mina (2006).

## 2.4.1 Cambio climático y conciencia de las futuras condiciones del área

«El cambio climático, ya sea impulsado por fuerzas humanas o naturales, puede provocar cambios en la fuerza o probabilidad de ocurrencia de climas extremos y fenómenos meteorológicos como precipitaciones extremas u olas de calor» (Cubasch et al. 2013). La ciencia meteorológica señala riesgos e incertidumbre asociados con las tendencias y extremos climáticos en el futuro.

El cierre y cese de minas actuales y minas mal cerradas o abandonadas son vulnerables al cambio climático y pueden requerir adaptación al clima e investigación para garantizar la ejecución de una rehabilitación resistente en los paisajes posteriores a la explotación minera. Con más de 50.000 minas abandonadas en Australia (Unger et al. 2012) el cambio climático plantea problemas adicionales a los gobiernos en los que recae la responsabilidad de gestión de estos yacimientos (Mason et al. 2013). Si las medidas de adaptación climática no se integran en diseños para el cierre a corto, medio y largo plazo, se deberán gestionar muchas más minas a perpetuidad.

La estabilidad ambiental de una mina cerrada y rehabilitada se ve afectada por cambios en:

- la cantidad de precipitaciones y los índices de evaporación e intensidad;
- las temperaturas medias, máximas y mínimas;
- la intensidad y frecuencia de incendios;
- otros cambios en el uso del terreno más allá del yacimiento minero.

En Australia, es probable que:

- las intensas precipitaciones en la mayoría de los lugares se vuelva más extrema debido a una atmósfera más cálida y húmeda;
- la combinación de la sequía y una mayor evaporación reduzca la humedad del suelo sobre la mayor parte del sur de Australia;
- aumente el riesgo de incendios provocados por el clima (CSIRO-BoM, 2007).

La adaptación incluye opciones de «bajo arrepentimiento» en las que unos niveles moderados de inversión aumentan la capacidad de lidiar con futuros riesgos climáticos (Mason et al. 2013). Los riesgos a corto y largo plazo están asociados con la incertidumbre climática al realizar trabajos de rehabilitación y planificación de cierre. En cortos periodos de tiempo, la incertidumbre estacional de las lluvias y temperaturas puede influir en el éxito o fracaso de una o más estaciones de rehabilitación. Si la lluvia se retrasa o es insuficiente después de la siembra, la germinación y el asentamiento pueden fallar. En cambio, si la lluvia es mucho más intensa que en el pasado, puede lavar las superficies preparadas (trabajadas con arado, mantillo y semillas) y destruir los controles de drenaje.

## 2.4.2 Cambio climático e ingeniería para la rehabilitación de la mina

En algunos casos, el ángulo de pendiente de los terrenos o diques de residuos de la mina que han de mantenerse a largo plazo deberá adaptarse a las diferentes condiciones climáticas; esto es especialmente importante cuando se integran las cubiertas en el diseño final del terreno. Los modelos de erosión y el enfoque geomórfico del terreno, así como el diseño de drenajes son necesarios para definir las características de unos terrenos posteriores a la explotación minera estables a largo plazo. Las líneas rectas, las superficies planas, las formas angulares y los drenajes trapezoidales puede ser más rentables y más fáciles de diseñar para los ingenieros, pero a su vez ser intrínsecamente inestables si el diseño no integra principios geomórficos.

La industria de los recursos y los gobiernos son juzgados por su capacidad para mitigar y gestionar riesgos de cierre y la de regular adecuadamente las minas respectivamente, de manera que el cierre de la mina resulte eficaz. Esta necesidad aumenta cuando las industrias y los gobiernos se encuentran con las altas expectativas de la comunidad de estabilidad a largo plazo de los terrenos tras a la explotación minera y una mayor incertidumbre climática.

El Consejo Nacional Australiano de Grandes Presas define el largo plazo como 1.000 años (ANCOLD, 2012). Las prácticas líderes dictan que se adopte una vida útil del diseño posterior al cierre de 1.000 años ya que se considera «a perpetuidad».

La importancia de la caracterización integral y el manejo de materiales (incluidos suelos y residuos) durante la vida de la mina con frecuencia se pasa por alto. El nivel de caracterización y gestión necesario depende de la naturaleza del proyecto y de factores medioambientales específicos del yacimiento; no obstante, estos factores se han reconocido ampliamente como fundamentales para el éxito de la rehabilitación y cierre de la mina y para lograr el uso del suelo deseado tras la explotación minera.

## 2.5 Gestión de residuos mineros

La minería y el procesamiento de minerales no suelen alterar la composición química del mineral y los residuos asociados, aunque los residuos de procesamiento pueden contener contaminantes potenciales o sustancias químicas. El riesgo de contaminación geoquímica surge de las partículas de tamaño reducido que crean la minería y el fresado y del entorno oxidante en el que se almacenan los residuos. El menor tamaño de las partículas mejora las interacciones entre agua y roca y entre roca y atmósfera y aumenta los índices a los que las reacciones químicas pueden proceder en superficies minerales expuestas. La fragmentación progresiva de las rocas expone aún más las superficies minerales naturales en donde las reacciones pueden ser particularmente veloces.

Aunque la caracterización de suelos y residuos debe comenzar durante la fase de exploración y continuar a lo largo de todas las etapas de la operación, es fundamental que la caracterización de materiales sea el factor clave del proceso de planificación. La manipulación imprudente y el almacenamiento temporal de materiales de deshecho durante la explotación minera pueden afectar en gran medida al potencial de contaminación medioambiental, a la posibilidad de tener que llevar a cabo un costoso nuevo proceso de materiales de deshecho tras el cierre, o a ambos.

Una temprana caracterización de materiales permite desarrollar planes para evitar riesgos potenciales y obtener los máximos beneficios del material que puede ser particularmente idóneo para la construcción de infraestructuras en el yacimiento o para su uso en la rehabilitación. Muchos regolitos y depósitos de roca estéril, una vez alterados y llevados a la superficie durante la operación minera, se comportan de forma distinta cuando salen de su entorno natural. Estos materiales suelen tener propiedades intrínsecas que hacen difícil su gestión e incorporación a superficies construidas.

El desarrollo de un inventario de residuos mineros, que incorpore el volumen de unidades de residuos, sus características y su colocación objetivo dentro de superficies de residuos construidas, puede ayudar en gran medida a la planificación, construcción, rehabilitación y cierre de superficies de residuos y TSF. Planificar la gestión de materiales de deshecho y su colocación, y un diseño de superficie adecuado a comienzos de la vida de la mina puede reducir significativamente la gestión y costes adicionales asociados a la manipulación adicional o reprocesado de superficies residuales hacia el final de la vida de la mina o al momento del cierre.

La gestión de residuos mineros debe considerarse desde el punto de vista de un modelo de contaminación dinámico donde el carácter físico, la fuente química, el modo de transporte y la absorción del químico puedan identificarse. Aunque un cierto grado de erosión y la emisión de sustancias químicas de los residuos almacenados son inevitables a largo plazo, el objetivo es prevenir impactos y contaminación química fuera del emplazamiento (es decir, para garantizar que el índice de emisión de químicos no dé lugar a concentraciones que dañen la salud humana o al medioambiente). A tal fin, es necesario identificar las partes más sensibles del medioambiente, como la flora, la fauna, el agua superficial y el agua subterránea.

Las dificultades que se encuentran en la restauración de los ecosistemas en funcionamiento en tales superficies, a menudo bajo variaciones extremas de temperatura y precipitaciones, se ven frecuentemente exacerbadas por las propiedades de los materiales de deshecho. La caracterización física, química y geoquímica de los materiales de residuos mineros sirve para identificar residuos potencialmente problemáticos (por ejemplo, que puedan formar ácidos, residuos sódicos o salinos) o unidades de residuos adecuadas para su uso como medio de crecimiento cercano a la superficie, material que retenga agua o revestimiento superficial.

La identificación de estas características (consideradas en conjunto con las condiciones climáticas locales, los efectos del cambio climático, el modo en que probablemente se desgasten y desarrollen los materiales de deshecho con el tiempo, y los objetivos de cierre y criterios de finalización) es fundamental para un diseño adecuado de la superficie.

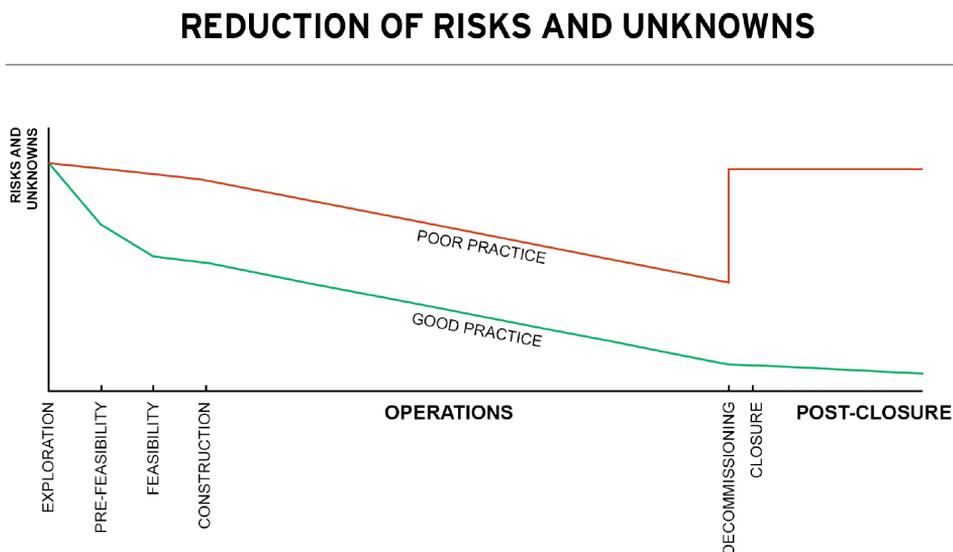
## 2.6 Gestión de riesgos

Los riesgos asociados con las fases de cierre y posterior al cierre durante la vida de la mina cubren tanto las consecuencias económicas como las no económicas. Estos riesgos son a largo plazo. Se deben tener en cuenta las expectativas de la comunidad local, el gobierno, los propietarios de terrenos, los propietarios de bienes vecinos y las ONG. Un proceso de cierre bien gestionado y planificado protegerá a la comunidad de las consecuencias no deseadas mucho después de que la compañía minera haya abandonado el distrito y protegerá la reputación de la compañía.

La gestión de riesgos es parte integral de la gestión y planificación de la mina. Los sistemas de gestión de riesgos pueden permitir a una operación identificar riesgos y desarrollar controles para lograr el cese y cierre sostenibles de la mina. Un método de incorporación de la planificación de riesgos en la planificación de cierre es desarrollar un registro de riesgos que incluya las medidas de control para mitigarlos.

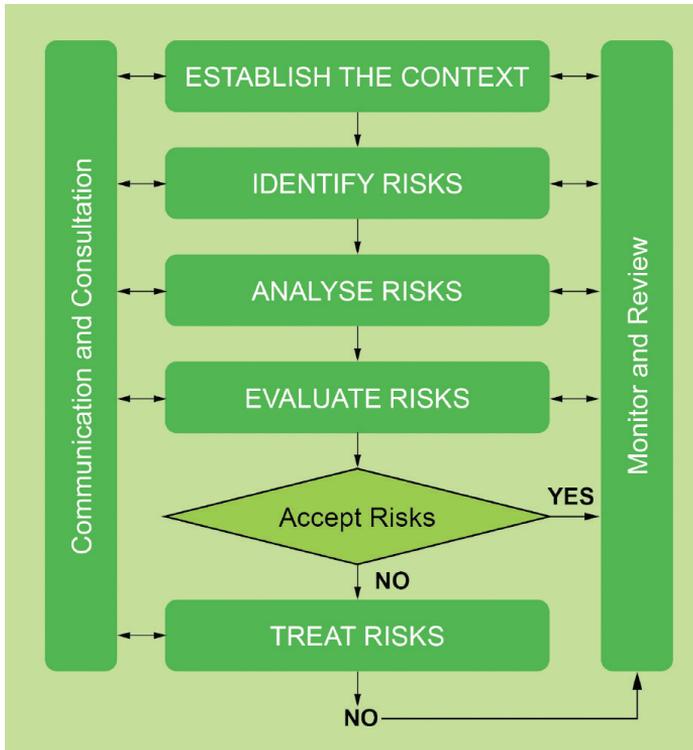
La figura 2 muestra que la temprana identificación de los riesgos de cierre en la etapa de planificación de una mina permite evitar los riesgos o minimizar las responsabilidades mediante el uso de controles integrados en los procedimientos de operación y cierre (ICMM, 2008).

Figura 2: Práctica de gestión de riesgos durante la vida útil de la mina



La Figura 3 ilustra el cambio de un método de gestión de riesgos a lo largo de la vida útil de un proyecto u organización mediante el proceso descrito en el estándar AS/NZS ISO 31000:2009 Gestión de riesgos: principios y pautas (Standards Australia/Standards New Zealand, 2009). Este proceso es particularmente importante para la planificación del cierre de minas, ya que los perfiles de riesgo del cierre de minas suelen cambiar considerablemente durante la vida de la mina. El estándar destaca la necesidad continua de comunicación y consultas, revisión y control de riesgos.

Figura 3: Estándar AS/NZS ISO 31000 para el proceso de gestión de riesgos



Fuente: modificado de Mason et al. (2013).

El estándar AS/NZS ISO 31000:2009 describe la necesidad de fijar el contexto para cada evaluación de riesgo realizada. Esto incluye definir cómo se usarán los resultados y ayuda a elegir correctamente la herramienta, el nivel de esfuerzo y el equipo de evaluación de riesgos. También garantiza que las preguntas planteadas durante la evaluación de riesgos se centren en el fin para el que se usarán los resultados. La Figura 4 muestra que una evaluación de riesgos es una herramienta útil que se puede implementar a lo largo de una serie de etapas de la planificación de cierre de minas (Standards Australia / Standards New Zealand 2009).

Figura 4: Una estrategia del uso de la gestión de riesgos en la planificación de cierre



Fuente: AS/NZS ISO 31000:2009.

Cada evaluación descrita en la Figura 4 tiene diferentes objetivos que las demás, y en consecuencia, debe planificarse y ejecutarse para cumplir esos objetivos específicos, por ejemplo:

- la evaluación de riesgos se puede usar en la fase de recopilación de datos para identificar lagunas críticas de información y priorizar los esfuerzos de recopilación de datos
- en la fase de selección de opción de cierre, la evaluación de riesgos identifica los principales riesgos que deben manejarse en el cierre y proporciona un enfoque para desarrollar opciones para gestionar esos riesgos; sin embargo, para desarrollar un plan de cierre sostenible, el proceso de evaluación y desarrollo de la opción debe poder tener en cuenta oportunidades de dejar un legado positivo, así como métodos para minimizar los impactos negativos
- durante la estimación de costes de cierre, se puede usar la evaluación de riesgos para identificar los costes asociados con la ocurrencia de eventos no planificados y ayudar a formular planes de contingencia adecuados
- una evaluación de riesgos operativos por malas decisiones o una insatisfactoria gestión de cierre puede servir para focalizar el esfuerzo y desarrollar un sistema de gestión de cierre adecuado.

## 2.6.1 Evaluación y desarrollo de opción de cierre

Aunque es una herramienta útil, la evaluación de riesgos por sí sola suele tratar exclusivamente el control de impactos negativos potenciales para el medioambiente o la sociedad. No suele promover una revisión del modo en que se puede dejar un legado económico, ambiental o social positivo después del cierre, y no proporciona de por sí un marco útil para la toma de decisiones sobre el valor que produce un gasto determinado.

El valor del resultado medioambiental o del ecosistema posterior a la explotación minera es a menudo subjetivo y difícil de cuantificar de manera significativa. Las organizaciones de gestión de recursos naturales (NRM) usan modelos para ayudar a priorizar los valores relacionados con una zona y para identificar las mejores opciones de inversión para proteger o mejorar esos valores. Algunas compañías mineras utilizan estas estrategias para ayudar a identificar oportunidades para dejar un legado positivo y evaluar las opciones de cierre que proporcionan el mejor equilibrio entre los beneficios sociales, ambientales y económicos por un gasto determinado.

Dada la dificultad de evaluar en términos absolutos los ecosistemas o resultados medioambientales posteriores a la explotación minera, la mayoría de los modelos de las NRM proporcionan un marco para comparar con transparencia los costes y resultados asociados a diferentes opciones de gestión. Con estas opciones se obtienen distintos resultados sociales, ambientales y económicos. Los modelos de las NRM tienen como objetivo mostrar con transparencia las contrapartidas de los distintos valores ambientales, sociales y económicos.

En la evaluación de opciones de cierre de mina, el uso de estos modelos exige que las compañías mineras cambien su forma de pensar y pasen de centrarse en los resultados medioambientales posteriores al cierre a la forma en que se estos se relacionan con el contexto económico, ambiental y social a nivel de paisaje. Por lo general, también se debe recopilar información para la evaluación mediante consultas con varios grupos de interés, porque la valoración humana de los servicios de ecosistemas no está bien entendida y se ve afectada por el contexto social, ambiental y económico de la zona.

Los modelos utilizados para evaluar los valores asociados a una estrategia determinada de gestión o uso del suelo incluyen la evaluación de servicios de ecosistemas (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), el enfoque del Marco de inversión para recursos ambientales (INFFER, 2011), y marcos de toma de decisiones y estrategias como los descritos por el Programa de investigación de la asociación australiana del carbón (Brereton et al. 2012) y Cavaye (2003).

Junto con una evaluación de riesgos de las opciones de cierre, los modelos de evaluación de las NRM facilitan la evaluación transparente de los beneficios y costes, y de las contrapartidas de los valores sociales, ambientales y económicos que ofrece cada opción después del cierre y la finalización. También pueden servir para identificar áreas de incertidumbre donde pueda ser necesario realizar investigaciones o ensayos de rehabilitación/cierre para demostrar que una opción gestionará los riesgos identificados a un nivel aceptable o alcanzará el valor societario esperado.

## **2.6.2 Incorporación de costes de riesgos al aprovisionamiento y coste financiero**

Lo ideal sería que el plan de cierre abordase los riesgos de cierre a unos niveles aceptables. No obstante, siempre habrá un nivel de riesgo residual o incertidumbres que requieran de una posterior evaluación y gestión. Estas incertidumbres incluyen el éxito o fracaso de la opción escogida, incluidos los fracasos causados por eventos fortuitos como terremotos, fenómenos meteorológicos extremos o incendios. Dados los largos periodos de tiempo que se manejan en el cierre y cese de la mina, la evaluación de riesgos residuales de las opciones de cierre exige un enfoque a largo plazo.

La metodología usada para estimar los costes asociados a la ejecución del plan de cierre de la mina debe tener en cuenta los costes asociados al tratamiento de riesgos residuales como medida de contingencia. Además, en algunas jurisdicciones de Australia, las minas deben proporcionar una fianza o garantía financiera de algún tipo para cubrir los riesgos residuales que surjan tras el cese de la propiedad.

## **2.6.3 Uso del riesgo para establecer un sistema de gestión de cierre**

Las decisiones tomadas a lo largo de la vida de la mina tienen el potencial de afectar a las responsabilidades de cierre asociadas a la mina. Las responsabilidades asociadas a esas decisiones se pasan por alto con facilidad si el enfoque en ese momento es el de las ganancias de producción a corto plazo. Una manera de focalizar la atención en las repercusiones de las decisiones clave en las responsabilidades de cierre es considerar una evaluación de riesgo comercial periódica de forma cíclica. En general, estas evaluaciones de riesgo tienen en cuenta el rango completo de riesgos que surgen durante y después del cierre como consecuencia de las decisiones sobre infraestructura y planificación minera, incluidos los riesgos medioambientales, de seguridad, sociales/comunitarios, técnicos, financieros y de reputación.

Para facilitar la comparación de costes y riesgos asociados a las diferentes decisiones que afectan a las responsabilidades de cierre de minas, las evaluaciones de riesgos comerciales suelen expresar cada categoría de riesgo en términos financieros. Por ejemplo, los riesgos medioambientales que surgen del cierre pueden cuantificarse por los costes para el negocio en:

- reparación de impactos medioambientales;
- reingeniería de superficies para evitar la recurrencia de problemas;
- multas por incumplimiento;
- impactos debidos a una mala reputación medioambiental con los inversores

Por lo general, las compañías utilizan las evaluaciones de riesgos comerciales para desarrollar un sistema de gestión enfocado a aquellas decisiones que tienen el mayor potencial de afectar a las responsabilidades de cierre de la mina. Un objetivo a largo plazo que requiere consideración en la etapa de diseño del proyecto es el uso del suelo tras la explotación minera, que debe analizarse en consulta con los grupos de interés correspondientes para evitar el aumento de los costes generales durante la vida de la mina.

## **2.7 El argumento comercial a favor de la sostenibilidad en la rehabilitación y cierre de la mina**

Uno de los incentivos comerciales más fuertes para la rehabilitación progresiva y la gestión de cierre sistemática de la mina es el conocimiento bien documentado del enorme coste incurrido si las operaciones mineras no se cierran correctamente. La rehabilitación no sostenible sigue sucediendo en minas activas a pesar del ejemplo de muchas minas mal cerradas en Australia y en todo el mundo. Debemos investigar y entender los cierres fallidos si queremos demostrar a la comunidad que la minería es solo un uso más del terreno en una sucesión de estos.

Realizar una rehabilitación progresiva antes del cierre puede ayudar a reducir la responsabilidad y al mismo tiempo proporciona una mayor certeza de que existe una fórmula de rehabilitación sostenible. El argumento comercial a favor de la rehabilitación progresiva tiene múltiples facetas, con aspectos tangibles e intangibles. Los beneficios tangibles incluyen una garantía financiera más baja, el cumplimiento de los requisitos legislativos y un coste más preciso para la rehabilitación sostenible en el aprovisionamiento de cierre. Los beneficios intangibles incluyen los relacionados con los plazos y aprobaciones del proyecto, cuando la rehabilitación sostenible puede demostrarse y una licencia social continua para operar demuestra a los grupos de interés externos que la minería puede ser un uso del terreno valioso, responsable y temporal.

También hay barreras potencialmente significativas en la formulación de un argumento comercial convincente a favor de la planificación temprana del cierre y la rehabilitación progresiva. En general, están centradas en las realidades económicas, la falta de incentivos para lograr que salga correctamente, o la falta de consecuencias en caso de salir mal. Por ejemplo, el enfoque en el valor actual neto (VAN) por parte de la mayoría de las compañías significa que hay un fuerte desincentivo para introducir los costes asociados con el cierre, incluidos los costes de la rehabilitación progresiva. Además, aunque el VAN reduce la responsabilidad asumida en cualquier momento (potencialmente en más del 50 % en algunos casos), las tasas de interés bajas para garantías bancarias (0,5-2 %) hacen que el incentivo para reducir la responsabilidad por factores puramente financieros pueda ser un argumento difícil de defender. La tentación, dadas las barreras descritas, es trabajar lo mínimo en la planificación de cierre hasta lo más tarde posible durante la vida de la mina.

Las prácticas líderes conllevan la integración total de la planificación e implementación del cierre a lo largo de todas las fases de la vida de la mina, desde la exploración hasta el cese. Al intentar defender un argumento comercial a favor de la planificación temprana del cierre, se debe hacer hincapié en el aumento del nivel de precisión que se produce desde las actividades iniciales de desarrollo de una mina, hasta el cese de operaciones. Esto garantiza que no se desperdicien los escasos recursos al desarrollar con demasiado detalle los planes tempranos cuando los principios fundamentales pueden cambiar y producir resultados de cierre significativamente distintos. No obstante, esto también garantiza que las actividades de planificación con plazos prolongados de ejecución comiencen en una etapa adecuada del proceso de cierre, incrementando la precisión según sea necesario.

Parte del argumento comercial a favor de esto es el concepto de que «no habrá sorpresas», es decir, garantizar que todos los riesgos potenciales se identifiquen lo antes posible y se gestionen en el momento adecuado del proceso de planificación de cierre. El riesgo es una consecuencia inevitable de las operaciones mineras, y hay un argumento comercial a favor de adoptar un enfoque de gestión de riesgo sólido e integral. Un método para incorporar la planificación de riesgos en la planificación de cierre es desarrollar un registro de riesgos que incorpore las medidas de control para mitigar los riesgos identificados.

Cambiar el paradigma sobre la planificación de cierre y la rehabilitación progresiva requiere de un argumento comercial polifacético, que haga hincapié en los beneficios tangibles e intangibles, el examen de las barreras percibidas y las reales, y la responsabilidad e influencia de los principales líderes de la organización. Cabe destacar que esto a menudo requiere de profesionales medioambientales a los que se les pide que formulen un argumento convincente que cambie su perspectiva y punto de vista del problema, basado en información sobre la trayectoria de los líderes a los que intentan convencer.

A menudo es necesario un equipo de integración que garantice que la explotación minera, la construcción de nuevas superficies, la gestión de residuos de lavado/relaves, el desarrollo de infraestructura, la gestión del agua y la participación comunitaria se integren a la visión del cierre. Esto garantizará que los objetivos estén claros y se pueda articular el papel de cada departamento principal. El equipo también debe participar en el proceso de evaluación de riesgos de rehabilitación y cierre, para que se puedan entender los riesgos de cierre y las medidas de control más importantes.

## 2.7.1 Rehabilitación progresiva

La rehabilitación progresiva es un proceso de la vida de la mina que permite lograr objetivos de uso del suelo posterior a la explotación minera. Los beneficios de la rehabilitación progresiva incluyen:

- la reducción de la «huella» general de las minas no rehabilitadas;
- la realización de ensayos de diversas opciones de rehabilitación y cierre y la demostración de buenos resultados de rehabilitación a la comunidad en general;
- la demostración del compromiso de la mina a los empleados y grupos de interés con un programa activo de cierre y rehabilitación;
- la reducción de los costes generales de cierre;
- la reducción de riesgo de fallas y de la responsabilidad final;
- la reducción de las «garantías de rehabilitación».

Las labores de movimientos de tierra más rentables se logran cuando se integran en el plan de la mina. Por ejemplo, cuando se saca roca estéril de una mina a cielo abierto y se coloca en una superficie, se puede transportar a un terreno adyacente que necesite un recubrimiento de mantillo rocoso sobre la superficie final para reducir la erosión. En lugar de manipular dos veces el material, el coste inicial incremental de transportarlo a la distancia extra se ve compensado por la rehabilitación progresiva oportuna y rentable resultante.

La naturaleza de la superficie del terreno afecta directamente los objetivos cruciales a largo plazo, como la resistencia a la erosión, la integridad de la encapsulación de residuos hostiles, la capacidad de aceptar y almacenar precipitaciones y la capacidad de apoyar el crecimiento vegetal. En última instancia, la configuración de la pendiente y la naturaleza del material superficial de esas pendientes deben depender el uno del otro, donde la longitud y el ángulo de pendiente se vean limitados por la capacidad relativa del material superficial para resistir la erosión. Las comunidades de vegetación suelen ser uno de los resultados más visibles de la rehabilitación de minas, y por lo tanto son un objetivo lógico en la planificación de la rehabilitación; no obstante, el éxito al asentar la comunidad depende de la creación de un entorno de suelo apropiado que forme una cubierta funcional y estable.

Lamentablemente, en algunos sectores de la industria minera, el apetito por la rehabilitación progresiva y la planificación del cierre puede cambiar rápidamente, en cuanto cambia la viabilidad financiera de las operaciones. Muchas de las variables que afectan a la viabilidad, como los precios de los productos básicos, el tipo de cambio

y demás, están fuera del control directo de la operación minera. Sin embargo, los efectos de tales fluctuaciones se pueden corregir a través de una planificación anticipada y eficaz de la mina y un desarrollo progresivo de obras de cierre en el ciclo de trabajo habitual de la mina («el modo en que abordamos la minería»).

Las actividades esenciales en la progresión de un área rehabilitada hacia los objetivos de cierre acordados y los criterios de finalización incluyen reparaciones y mantenimiento de movimientos de tierra posteriores al cierre; mantenimiento del drenaje superficial; control de revegetación; obligaciones de cuidado, como gestión de maleza e incendios; protección y gestión de animales de pastoreo; sistemas de tratamiento de aguas; y mantenimiento y gestión de datos de seguimiento continuos.

## 2.8 Posibilidades de uso del terreno tras la actividad minera

La industria minera moderna reconoce que la minería supone un uso del terreno temporal. En consecuencia, se da una responsabilidad de minimizar las alteraciones, crear superficies estables sin contaminación, llevar a cabo la rehabilitación progresiva cuando sea posible y, en el momento del cierre, permitir usos posteriores del terreno que beneficien a las comunidades locales y regionales. Los conceptos de cierre planificado y uso de terreno secuencial no son exclusivos de la minería, pero son desarrollos relativamente recientes.

A escala regional, las compañías mineras pueden ser propietarias significativas de terrenos, y entonces tanto el terreno operativo como el no operativo deben administrarse en consideración del uso futuro del terreno, así como de los colindantes. La planificación del cierre tiene por objeto garantizar que pueda usarse la mayor cantidad posible de terreno de manera segura y sostenible para posteriores actividades agrícolas y otras actividades económicas, o bien para conservación y uso comunitario.

Es imperativo que los grupos de interés y el proponente lleguen a una serie acordada de objetivos de cierre y criterios de finalización para la mina que permitan a la compañía ceder el emplazamiento de manera tal que cumpla con los requisitos legales y satisfaga las expectativas de la comunidad. Comenzar un debate abierto usando el marco patrimonial al inicio del proceso (figura 1) puede facilitar un resultado exitoso.

Después de la minería, las áreas afectadas se rehabilitarán, pero la minería moderna de superficie a gran escala inevitablemente da como resultado una transformación considerable del paisaje. Del mismo modo en que ocasionan efectos físicos en los paisajes, los proyectos de minería forman la identidad cultural de las comunidades, a veces durante generaciones. Esta herencia, industrial y cultural, puede ser fuente de fortaleza y orgullo de la comunidad.

Los planes de cierre, por lo tanto, deben reflejar las circunstancias del lugar y apoyarse en los puntos fuertes locales, que potencialmente son un factor importante para realizar la transición exitosa tras el cierre de la mina. Fomentar la confianza y las buenas relaciones laborales para garantizar la participación comunitaria, así como desarrollar una responsabilidad y propiedad compartida de las actividades posteriores al cierre deben ser los objetivos de la planificación y consulta del cierre durante la vida de la mina. Tal confianza y colaboración probablemente no se materialicen si el esfuerzo se pospone hasta el anuncio del cierre o tras este.

Las opciones de uso del terreno tras la minería son muchas y variadas. La publicación de Post-Mining Alliance, "101 cosas que hacer con un hoyo en el suelo" (Pearman, 2009), compila ejemplos de usos del terreno tras la actividad minera que son notables por su originalidad (proyecto Eden), atractivo estética, espectacularidad (Butchart Gardens), o simplemente un buen diseño. El libro también dedica un apartado a la recuperación dirigida por la comunidad, y destaca proyectos que han tenido un perdurable efecto positivo en las comunidades, en contraste con la imagen convencional de declive social y económico después del cierre de las minas. En última instancia, debe desarrollarse una opción final de cierre que tenga el apoyo de los grupos de interés y cumpla con los objetivos de cierre a un coste aceptable.

## Caso práctico: Uso del terreno posterior al cierre, biorreactor de Woodlawn

### Biorreactor de Woodlawn, administrado por Veolia Environmental Services

Woodlawn fue una mina a cielo abierto (1978-1987) y, más tarde, subterránea, (1987-1998) de la cual se extrajo zinc, cobre, plomo, plata y oro. El yacimiento estaba situado cerca de Tarago, al sur de Goulburn, en Nueva Gales del Sur, y contaba con una masa mineral de sulfuro de hierro bastante grande de la cual se extrajeron 13,8 millones de toneladas de mineral, y siguen quedando aproximadamente 4 millones de toneladas (pero no en forma de masa mineral consolidada, lo que hace inviable la minería). En 1998, los propietarios de aquel entonces (Denehurst Ltd) se marcharon y dejaron a la mina en quiebra; millones de dólares en sueldos y fondos de jubilación sin pagar; escasa rehabilitación en un vasto lugar; considerables problemas ambientales (suelos sulfatados ácidos, metales pesados como el arsénico, plomo y cobre); y una mina a cielo abierto de 800 metros de ancho y más de 200 metros de profundidad.

En 2002, Collex (ahora Veolia) obtuvo la aprobación para transformar el agujero de la mina en biorreactor, extrayendo el metano procedente de la descomposición de residuos para generar electricidad en una pequeña planta eléctrica. Se estimó que se tardaría 60 años en rellenar con residuos los 25 millones de metros cúbicos del lugar. Se construyó un centro de transferencia de residuos cerca de Clyde, en Sídney, considerado controvertido en aquel momento, y en 2005, la operación comenzó a enviar por ferrocarril contenedores de residuos al emplazamiento de Woodlawn.



*Primeros días del biorreactor: capa base colocada en la mina a cielo abierto.*

Desde entonces, el proyecto siguió creciendo y la operación, junto con la comunidad local, sigue siendo innovadora y ambiciosa. Woodlawn, actualmente uno de los proyectos de vertedero biorreactor creado de forma intencionada más importantes y serios del mundo, en la actualidad recibe alrededor de un 20 % de los residuos putrescibles de Sídney, y es reconocido como ejemplo de práctica líder en tecnología de vertederos.

Desde su apertura, se han usado más de 3,8 millones de toneladas de residuos para generar electricidad verde, y la instalación ahora exporta energía suficiente para abastecer a más de 2.500 hogares (Veolia 2016). La capacidad del biorreactor ha aumentado progresivamente hasta los 22,5 MW. Además de operar el generador de metano, Veolia se comprometió a rehabilitar el yacimiento minero durante los 60 años de vida útil del proyecto.



*El biorreactor en fase avanzada de desarrollo.*

La promoción en la comunidad continúa: el operador del biorreactor ofrece recorridos y un centro educativo en el lugar donde los visitantes pueden ver vídeos de las operaciones actuales.

La operación ha diversificado su funcionamiento integrado:

- Su acuicultura y horticultura usan el calor residual producido en la generación de energía para piscicultura, incorporando la hidroponía en el sistema de filtrado para eliminar el exceso de nutrientes.
- El Centro de tratamiento biológico y mecánico de Woodlawn extrae los componentes orgánicos de la corriente de residuos mixtos con objeto de producir abono para la rehabilitación de la mina.
- Una explotación agraria aplica rotación de pastos y nutrientes para mejorar la productividad de lana y carne, mientras reduce los impactos en el suelo.
- Windfarm (operada por Infigen Energy) es un parque eólico de 50 MW que aprovecha la energía natural de la zona, conocida por sus importantes vientos durante todo el año.

La interacción continua con la comunidad local incluye un comité de enlace comunitario, actualizaciones periódicas en el *Tarago Times*, alertas por SMS y correo electrónico, y representación regular en reuniones de la comunidad local.

El fondo Veolia Mulwaree Trust provee financiación para fines benéficos y proyectos comunitarios valiosos en beneficio de las comunidades dentro o alrededor de la antigua área de Mulwaree Shire Council. Desde 2005, el fondo destinó más de 5 millones de dólares a iniciativas de la comunidad local.

Para más información, visite el sitio web de Veolia (<http://www.veolia.com.au/sustainable-solutions/community-development/woodlawn-bioreactor>).

El legado de la minería en sí suele ofrecer oportunidades tras la explotación, como el enriquecimiento del turismo, la educación y otras actividades económicas. En algunos casos, el turismo enfocado en el legado de la minería puede ser una de las pocas oportunidades tras la actividad minera. Hay que explorar los enlaces entre el legado minero y otros atractivos heredados en la misma región. Todas las poblaciones y minas múltiples o individuales (como en Broken Hill) y su infraestructura asociada pueden tener valor patrimonial minero y ser declaradas parte del patrimonio nacional, lo cual influirá en las estrategias de uso del terreno posterior a la minería.

Por ejemplo, la trayectoria en minería, arte y cultura es parte de una relación formal entre Broken Hill y la histórica ciudad minera de Río Minas en España. La Carta de Burra (ICMS 2013) brinda pautas para la conservación y gestión de lugares de patrimonio cultural en Australia. La Carta está relacionada con el patrimonio de la minería, y fue aprobada originalmente en 1979, en la histórica ciudad minera de Burra, en Australia Meridional.

## **Caso práctico: Un ejemplo internacional de la preservación y rehabilitación del patrimonio; cierre y finalización de minas de lignito en las cuencas del Ruhr y el Saar en Alemania.**

### **Innovadores convierten montones de escombros, desechos y antiguos hornos en centros comerciales y culturales**

Durante más de cien años, la producción nacional de antracita fue una base del éxito industrial en Alemania. En 2007, el Gobierno alemán decidió poner fin, a partir de 2018, al apoyo financiero a la industria de la minería del carbón. Esto llevó a un programa de cierre definitivo de la actividad minera en una extensa área.

La empresa alemana de minería de antracita RAG apoya el proceso de reestructuración en las regiones de minería del carbón de las cuencas del Ruhr y el Saar a través de la reutilización adaptativa de antiguos yacimientos de carbón. Junto con instituciones estatales y ayuntamientos locales, RAG trata de poner en marcha el desarrollo sostenible en localidades mineras. El cierre de minas se contempla como una oportunidad para cambiar las estructuras industriales y urbanas de forma prospectiva. En lugar de ser un páramo industrial, las antiguas áreas mineras se convertirán en lugares dinámicos y, en lugar de afrontar el declive económico, las antiguas localidades mineras prosperarán.

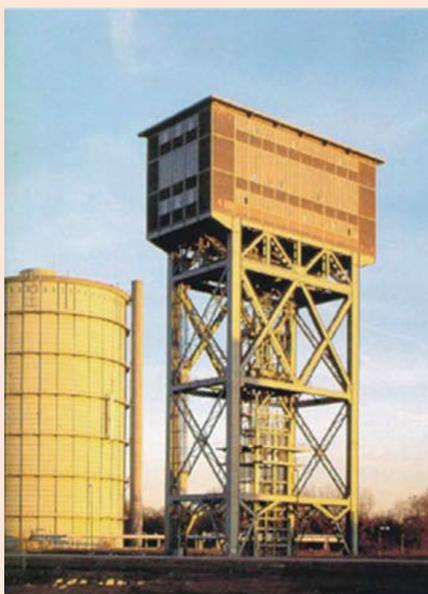
Para crear oportunidades de empleo prospectivo a largo plazo, las empresas nuevas e innovadoras necesitan una infraestructura adecuada: oficinas, inmuebles comerciales, alojamientos cómodos y estéticamente agradables, así como también áreas recreativas y centros culturales. RAG usa su experiencia en propiedad inmobiliaria para ayudar a las regiones antiguamente dedicadas a la minería del carbón a avanzar hacia este objetivo. Tales esfuerzos son de especial provecho para los potenciales propietarios de pequeñas y medianas empresas.

Los emplazamientos de antiguas minas de carbón son, con frecuencia, instalaciones óptimas para los proveedores de servicios de logística con vistas al futuro, aunque deben tener una ubicación céntrica y un fácil acceso a rutas, canales y redes ferroviarias. Un sitio así es el Fürst Hardenberg Logistics Center en Dortmund, de 4 hectáreas, construido conjuntamente por la sociedad de desarrollo RAG Montan Immobilien y la empresa de logística Fiege. Además de la superficie ocupada por el centro de distribución de un fabricante de neumáticos multinacional, hay arrendadas otras 2,3 hectáreas de área logística a un minorista de descuentos textil y una panadería industrial. En la misma línea, otros cinco centros de logística se encuentran actualmente en fase de planificación para otros emplazamientos proyectados en el Ruhr. Otros parques empresariales se han desarrollado en las antiguas minas Minister Stein y Radbod, en Dortmund y Hamm, respectivamente.

Además del desarrollo urbano y comercial, el mantenimiento de la cultura industrial desempeña un papel importante. La gente identifica su región con el legado de las industrias del acero y el carbón. Al decaer esas industrias en Alemania, la gente se dio cuenta de que el patrimonio industrial había formado la mentalidad cultural de la sociedad y que tenían un paisaje urbano y arquitectónico único. Muchos proyectos y eventos culturales contribuyeron al esfuerzo al preservar edificios industriales destacados y experiencias socioculturales.

El proyecto turístico regional denominado Route der Industriekultur ('La ruta del patrimonio industrial') promueve una ruta circular de 400 km alrededor de la región del Ruhr, abriendo el patrimonio industrial de la región a los visitantes. La ruta está marcada por 25 «puntos de anclaje», incluidos seis importantes museos de historia social y técnica, numerosos miradores y una serie de colonias de trabajadores significativas. La ruta da testimonio de 750 años de historia industrial en la región así como de la transformación estructural que ha tenido lugar allí desde hace varias décadas. Los emplazamientos de fábricas abandonadas, muchos de los cuales están bajo órdenes de preservación, no son sitios de nostalgia y lamento: hace mucho que se han transformado en recintos industriales dinámicos y atractivos centros para eventos culturales y turísticos.

El acontecimiento cultural más importante del año en la región del Ruhr es la Noche de la cultura industrial ExtraSchicht ('turno extra'). Las antiguas plantas industriales, instalaciones de intensa producción, minas y montones de escombros se convierten hábilmente en recintos de cultura industrial y cientos de miles de personas se unen a este evento especial durante una larga noche de verano.



*La antigua mina de carbón Minister Stein (Dortmund): estructura frontal del pozo de 1926 a 1987; edificio de oficinas desde 1999*

Fuente: DRET (2011).

## 2.9 La comunidad y el cierre

La industria de los minerales de Australia ha asumido un compromiso con el desarrollo social y económico de las comunidades donde operan las compañías. Esto conlleva el compromiso de minimizar los impactos adversos de la minería en esas comunidades y también plantea el problema de cómo mantener o mejorar el bienestar y sostenibilidad social de las comunidades.

En muchas áreas remotas y regionales, las operaciones de minería suponen la única principal actividad económica importante. El establecimiento de una operación de procesamiento de minerales o minería casi siempre aporta una infraestructura significativa al yacimiento minero, a la comunidad local y a la región en

general. Por lo tanto, la industria puede tener un papel fundamental y contribuir al desarrollo económico regional, al proporcionar capacitación y oportunidades de empleo a toda una serie de profesiones, competencias y trabajos. Los proyectos comunitarios de capacitación durante la fase operativa de una mina requieren la planificación e implementación de iniciativas específicas de esa comunidad, con frecuencia en asociación con otros grupos de interés, para que den resultados positivos a largo plazo.

La participación de la comunidad y los grupos de interés son procesos superpuestos, aunque distintos. La participación eficaz de los grupos de interés es parte integral del desarrollo comunitario, pero también se puede llevar a cabo para otros fines; por ejemplo, para tratar problemas comunitarios sobre impacto ambiental. El desarrollo comunitario implica asimismo más que la sola interacción con la comunidad. El desarrollo de programas debe obedecer a las necesidades de la comunidad y no de la compañía, y debe tratar de contribuir al fortalecimiento a largo plazo de la viabilidad comunitaria. El vínculo entre compañía minera y comunidad es importante en cada etapa de la actividad minera, y es un aspecto crucial para lograr un legado minero positivo.

## 2.9.1 Participación de los grupos de interés

Con frecuencia es antes o durante las actividades de exploración cuando una compañía comienza la interacción con los grupos de interés. En algunos casos, son necesarias negociaciones, así como el consentimiento de los propietarios de terrenos y grupos indígenas. Como sucede con las primeras impresiones, la calidad de la participación comunitaria durante esta etapa inicial es importante, ya que influirá en las relaciones futuras.

La participación de los grupos de interés es una herramienta importante para la planificación del cierre. Los planes de cierre de minas solo tienen importancia en la comunidad y el contexto en el cual se diseñan y comunican. Al medir y observar el desarrollo de la participación comunitaria antes, durante y después del cierre, la compañía tendrá oportunidad de:

- lograr el acuerdo de los principales grupos de interés a comienzos del proceso de planificación de la mina, sobre el uso del terreno posterior a la minería y los criterios de finalización para un conjunto de objetivos;
- obtener feedback de todos los grupos de interés sobre opciones y alternativas;
- construir relaciones de confianza o reparar relaciones interrumpidas;
- mantener su licencia social para operar;
- ayudar a mitigar la dependencia;
- evaluar la eficacia del cierre y los planes de participación comunitaria;
- mejorar el potencial de cierre sostenible de la mina;
- mejorar las oportunidades para el desarrollo de la comunidad que surjan de las fases de minería activa y cierre de la mina.

La participación continua de los grupos de interés es fundamental para que la comunidad tenga capacidad de transición al cierre de la forma más fluida posible. El manual de prácticas líderes *Desarrollo y compromiso con la comunidad* (DIIS 2016b) brinda información adicional y casos prácticos sobre prácticas líderes para una participación comunitaria eficaz y programas de desarrollo comunitario.

## 2.9.2 La licencia social para operar

Un compromiso con las prácticas líderes en desarrollo sostenible es requisito previo para que una compañía minera logre y mantenga su licencia social para operar en la comunidad. Una licencia social tiene muchos beneficios intangibles pero importantes para la empresa, que, a su vez, pueden influir profundamente en las impresiones de la comunidad, ONG y otros grupos de interés relacionados con operaciones mineras existentes o propuestas.

A menos que la comunidad participe y apoye la explotación minera, puede existir oposición y confrontación. La falta de conocimiento y comprensión a menudo causa miedos en la comunidad con respecto a la propuesta minera. Las falsas ideas suelen causar objeciones y dificultades que no tienen fin constructivo y fomentan una atmósfera de falta de cooperación. Las operaciones mineras llevadas a cabo por corporaciones se han visto muchas veces afectadas en el pasado reciente, en particular por parte de mineros artesanales y a pequeña escala locales que, en muchos casos, ya extraían antes de que comenzaran las operaciones empresariales a una escala mayor.

Un ejemplo actual de las dificultades afrontadas por las compañías mineras es la explotación de Masbate en Filipinas, donde los mineros a baja escala suelen crear túneles por debajo de los bancos a cielo abierto. La maquinaria de voladura o de operaciones en esos bancos puede ser extremadamente peligrosa para el personal de la compañía y para los mineros a baja escala.

En última instancia, una interacción disfuncional con la comunidad distraerá a la gerencia de su principal centro de atención, que es la dirección eficaz de la mina. Las compañías mineras conectoras, especialmente aquellas que operan en el mundo en vías de desarrollo, mantienen su licencia social para operar mediante diversas iniciativas, incluso emplear preferentemente a lugareños o formar y brindar capacitación en empresas y negocios que perdurarán después del cierre de la mina.

Un ejemplo es la explotación de oro y cobre de Sepón en Laos, que emplea a unas 7.000 personas, la mayoría de ellas procedentes de las 70 poblaciones que rodean la mina. La compañía minera ha creado talleres extensivos de formación para brindar capacitación en electricidad, mecánica, soldadura, automotriz, y otras disciplinas, a través de la enseñanza y otros programas. También ha facilitado financiación para proyectos tales como innovaciones en agricultura y tejeduría de la seda (véase el caso práctico).

## Caso práctico: Participación comunitaria en Laos

### **La minería aporta trabajo, prosperidad e investigación cultural a los lugareños de Laos**

Una serie de procesos de participación gubernamental y comunitaria implementados desde el comienzo del Proyecto Sepón en la República Democrática Popular Lao garantizaron que hubiera canales de comunicación efectivos para permitir una evolución continua en el ámbito del proyecto. Los cambios incluyeron tanto a la minería del cobre como a la del oro, el crecimiento continuo de los recursos de oro y cobre, el agregado de una segunda instalación de almacenamiento de relaves y la construcción de un campamento permanente y grande. Estos mecanismos dieron a una compañía minera inicialmente pequeña la capacidad para seguir explorando y desarrollarse, mientras mantenía su licencia social para operar en un país lejano sin antecedentes previos de participación de compañías mineras multinacionales.

### **Antecedentes**

Minerals and Metals Group y el Gobierno de Laos poseen el 90 % y el 10 %, respectivamente, de Lane Xang Minerals Limited, que opera el Proyecto Sepón en el distrito de Vilabouly, desde la aprobación inicial para la minería aurífera que le otorgó el Gobierno en 2002. El Proyecto Sepón actualmente consta de minería a cielo abierto y procesamiento de mineral de óxido de oro; minería y procesamiento de diversos tipos de mineral de cobre; y minería de piedra caliza para ayudar al procesamiento del cobre.

### **Participación comunitaria y gubernamental**

En 2002, el Gobierno de Laos y el equipo del Proyecto Sepón establecieron un comité directivo para supervisar la construcción y las operaciones del proyecto. El comité sigue reuniéndose tres o cuatro veces al año, en el emplazamiento minero y en la capital, Vientián, donde asisten representantes de todos los ministerios y departamentos gubernamentales responsables de diversos aspectos del proyecto. Los representantes del Proyecto Sepón facilitan actualizaciones sobre los aspectos financieros, técnicos, medioambientales y comunitarios de la explotación. Ambas partes plantean preguntas y suele producirse un enérgico debate.

De manera similar, durante la construcción inicial del proyecto se estableció un comité compuesto por líderes gubernamentales y de las poblaciones locales. Normalmente se reúne una vez al mes y asisten representantes superiores de todas las poblaciones directamente afectadas y del Proyecto Sepón, incluido el director general de la mina. Se debaten y resuelven los temas de inquietud para la comunidad local y el proyecto, incluidos la gestión migratoria, el acceso permanente a terrenos y el control de robos.

### **Participación en la evaluación del impacto**

Antes del desarrollo de cada cambio o expansión del proyecto, se realiza una evaluación del impacto social y ambiental. Un componente fundamental de las evaluaciones es la participación de las poblaciones que experimentarán los impactos en sus terrenos o recursos hídricos como consecuencia del cambio. Esto ha conllevado la celebración de reuniones en cada población, con intérpretes conocedores de los dialectos locales. Se realizan reuniones de mujeres por separado, para garantizar que se incluyan sus inquietudes e ideas en la evaluación y las estrategias de mitigación acordadas.

### **Participación para fines especiales**

También se estableció una serie de procesos de participación para fines especiales con objeto de permitir la implementación de las estrategias de gestión y mitigación acordadas. Un ejemplo es el constante trabajo en el patrimonio cultural, que conlleva investigaciones arqueológicas guiadas por un memorando de acuerdo entre Lane Xang Minerals, el Gobierno de Laos y una universidad internacional. Esto dio como resultado la excavación, registro y preservación de objetos de importancia internacional.



*Participación específica de los grupos de interés, Proyecto Sepón*

Fuente: DRET (2011).

### **2.9.3 Consideración de las comunidades locales e indígenas en la gestión y seguimiento tras el cierre**

Uno de los factores más importantes y que da forma a la relación entre compañías mineras y comunidades indígenas es la capacidad de las partes de comunicarse eficazmente entre sí. El ritmo de la toma de decisiones con la comunidad indígena que vive en su tradicional terreno puede ser más lento de lo que desearía la compañía, pero sin tal proceso, las decisiones precipitadas tal vez no resistirían el paso del tiempo.

En un proyecto, hay beneficios comerciales y socioeconómicos provenientes de la interacción con comunidades indígenas y locales, así como con empresas durante las operaciones. La planificación del cierre de la mina debe asegurar que la salud y seguridad futuras de la comunidad no se vean comprometidas, que se fortalezca la resistencia de la comunidad a los impactos adversos del cierre de la mina, y que la comunidad pueda aprovechar oportunidades de uso relevante del terreno y conservar la infraestructura minera de valor para la comunidad.

Existen muchos ejemplos en países en vías de desarrollo y en Australia, donde se han establecido empresas bajo acuerdos de acceso a terrenos para desarrollar capacidades y preparar a la comunidad para el cierre de la mina. El desafío es brindar a la comunidad beneficios perdurables que no dependan de la compañía. Los modelos empresariales deben ser sostenibles e incluir el desarrollo de habilidades para personas de toda la comunidad. La participación temprana es necesaria para que la mayor cantidad posible de empresas pueda pasar de un acuerdo con un solo cliente a una base de mercado y clientes más amplia.

La participación en tareas de gestión y seguimiento posterior al cierre no solo da a la comunidad local o indígena la capacidad de adaptarse al legado a medida que la mina avanza hacia el uso posminero del terreno, sino que también ofrece una perspectiva sobre cómo distribuir esas funciones a escala más amplia en la región. Aunque la importancia de este trabajo a menudo es irrelevante en comparación con las ganancias de una mina activa, tales oportunidades no deben subestimarse, ya que pueden vincular a la comunidad local con la mina.

Debido a que las compañías mineras y comunidades indígenas tienen sus propias culturas particulares, el desarrollo de relaciones sólidas entre ellas depende de que cada parte entienda que la otra opera dentro de un sistema de valores diferente. Sin este entendimiento mutuo, es difícil desarrollar relaciones perdurables que permitan a ambas culturas coexistir de manera amigable, o gestionar con eficacia los problemas que surgen cuando compañías mineras y comunidades indígenas trabajan juntas, en particular durante las fases previa y posterior al cierre, así como en la fase posminería de cese del uso del terreno.

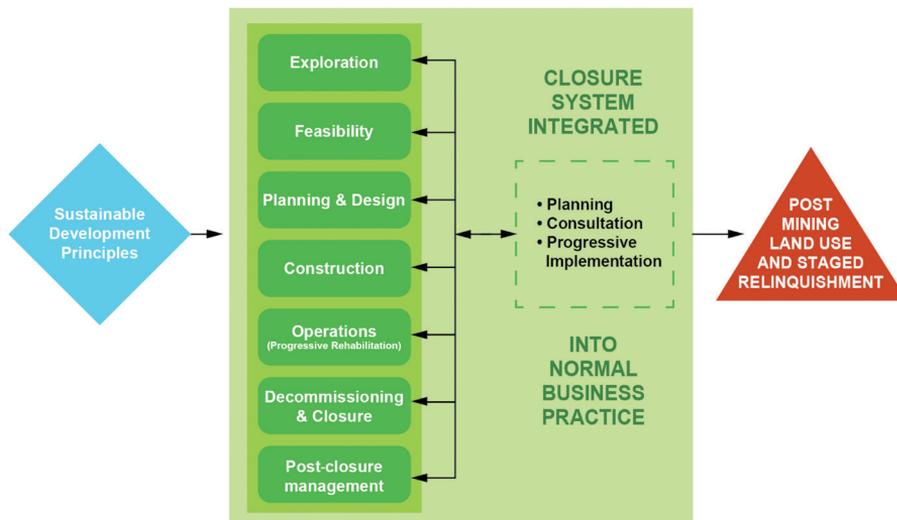
## 3.0 FASES DE LA VIDA DE LA MINA

### ASPECTOS CLAVE

- La planificación del cierre de la mina debe ser progresiva durante las diversas fases del ciclo de vida del proyecto minero, y se integrará completamente en la práctica y planificación del negocio habitual de la compañía.
- El cierre y rehabilitación de la mina determinarán en última instancia el uso posterior al cierre del terreno para futuras generaciones.
- La fase de viabilidad es una parte esencial del proceso de evaluación de la mina en la cual las repercusiones del cierre se deben considerar de forma precisa.
- La fase de planificación y diseño debe incorporar las consecuencias para el medio ambiente, los usos futuros del terreno y la salud y seguridad comunitarias a la hora de tomar decisiones sobre el cierre y cese de la mina.
- Las prácticas líderes durante las operaciones involucran la asignación progresiva de recursos financieros, la planificación e implementación del cierre de la mina y el enfoque en las medidas de finalización y uso del terreno tras la minería.
- La etapa de planificación previa al desmantelamiento y cierre es crucial, por lo que requiere centrar la atención en la responsabilidad, planificación, activos, desinversión, descontaminación e infraestructura existente, así como en el seguimiento y gestión posteriores al cierre.
- La fase de desmantelamiento y cierre activa la implementación de un plan de cierre, lo cual puede implicar investigaciones para confirmar que los resultados acordados y los criterios de finalización se hayan cumplido.
- Incluso después de haberse demolido y retirado la mayor parte de la infraestructura de la mina y de haberse rehabilitado totalmente el sitio, queda el requisito de gestión y seguimiento continuos del emplazamiento hasta lograr la aprobación y cese definitivos, y que los nuevos usuarios del terreno asuman la propiedad y la responsabilidad.

Este apartado analiza la relación del cierre con las siete fases consideradas para representar la vida estándar de una mina. La figura 5 ilustra las fases de un proyecto minero analizado en este apartado.

Figura 5: Fases de un proyecto minero integrado en un sistema de cierre



La planificación del cierre se debe hacer de forma progresiva durante la vida de la mina. El nivel de detalle y la atención a elementos concretos varía durante el ciclo, según la fase en que se encuentre el proyecto o hacia la que esté haciendo la transición. Para que la planificación tenga éxito, el equipo de gestión debe garantizar que se sistematice pronto en la vida de la mina y se integre a fondo en la planificación y la práctica empresarial regular de la compañía, y que esta adopte la planificación del cierre como algo habitual.

Esta estrategia garantiza que la práctica fluya en la planificación, consulta e implementación en lugar de considerarse al final de la vida de la mina. El trabajo preparatorio inicial, incluso en la fase de exploración, puede afectar a la eficacia y éxito de la planificación del cierre. Para garantizar resultados óptimos, es fundamental que la compañía y su personal participen en todas las etapas de la implementación del cierre y se garantice que la participación de los grupos de interés se produzca de manera estratégica durante el proceso de planificación del cierre de mina así como en la fase posterior a la actividad minera de cese del uso del terreno.

## 3.1 Exploración



La exploración minera cubre las fases iniciales de la vida útil potencial de la mina. Las técnicas de evaluación y exploración de minerales van desde lo más inocuo a nivel ambiental, como la observación vía satélite, hasta lo más invasivo, como perforaciones intensivas en espacios cercanos.

Las actividades de exploración tienen el potencial de afectar de manera adversa al medioambiente si no se gestionan adecuadamente. La aplicación de prácticas de gestión ambiental de alto nivel es esencial para garantizar que esas actividades se controlen bien, en particular para proteger áreas sensibles a nivel ambiental.

La interacción de la compañía con la comunidad suele comenzar antes o durante la exploración. En algunos casos, es necesaria la negociación y el consentimiento de los grupos indígenas u otros propietarios de terrenos. La calidad de la participación comunitaria en esta etapa inicial es muy importante porque influirá en las relaciones futuras. En esta fase, existe un impacto social y ambiental que se debe tratar, incluidos caminos de acceso, plataformas de perforación, desecho de residuos, gestión hídrica, aumento del tránsito y las alteraciones, interacción con otros usos de terreno, y expectativas e inquietudes de la comunidad.

Las actividades principales que se deben llevar a cabo en esta etapa inicial y que serán útiles para la futura planificación y cierre incluyen:

- el desarrollo de relaciones con grupos de interés locales, organismos reguladores y comunidad;
- el análisis preliminar con los principales grupos de interés del diseño de la mina y el uso del terreno tras la minería, y la recopilación de cuestiones que deben abordarse;
- la recopilación temprana de información ambiental de referencia, incluidos calidad y cantidad de agua superficial y subterránea, tipos de suelo, tipos de vegetación, cantidades de fauna y datos meteorológicos;
- una evaluación preliminar de las características de la roca estéril durante la exploración;
- el mantenimiento de archivos y registros de asuntos y acuerdos relacionados con los grupos de interés.

## 3.2 Viabilidad



La viabilidad es una parte esencial del proceso de evaluación de la mina y se puede definir como una evaluación de los impactos económicos, ambientales y sociales del potencial proyecto minero. Los estudios de viabilidad son necesarios en las etapas de preproducción para justificar si se sigue invirtiendo dinero en el proyecto. El objetivo es aclarar los factores básicos que rigen el éxito del proyecto y, a su vez, identificar los principales riesgos para el éxito del proyecto.

Las repercusiones del cierre de la mina se deben considerar de forma precisa en esta etapa. Los estudios de viabilidad normalmente constan de un estudio de alcance, un estudio de viabilidad previa y un estudio de viabilidad rentable.

El seguimiento de referencia debe comenzar en la etapa de viabilidad previa e incluir todas las cuestiones ambientales, económicas y sociales relevantes identificadas durante la planificación del riesgo.

Los estudios y programas de seguimiento deben diferenciar entre impactos directos e indirectos en las operaciones de exploración y minería, y cualquier otro factor que pueda amenazar la biodiversidad local y regional. La información resultante es esencial para un diseño eficaz de los programas de gestión y objetivos de cierre y rehabilitación.

Aunque el muestreo y perforación se enfocan en zonas de minerales durante las fases de exploración y viabilidad previa, el muestreo de roca de campo y portadora deben aumentar a medida que avanza el proyecto a fin de que haya disponibles datos adecuados para producir modelos de bloques y planes de producción por tipos de residuo geoquímico.

El conocimiento de los residuos potenciales que se puedan generar, los materiales que quedarán expuestos y limitaciones que impondrán estos factores en la operación minera es fundamental para la planificación del cierre (Scott y otros, 2000).

### 3.3 Planificación y diseño



El objetivo de la fase de planificación y diseño es lograr el diseño de un sistema minero integrado, donde se extraiga un mineral y se prepare según una especificación de mercado deseada, dentro de las restricciones ambientales, sociales, legales y normativas aceptables. Se trata de una actividad multidisciplinar.

Los ingenieros de minas, geólogos de minas y consultores en general tienen la mayor influencia en la planificación y el diseño de la mina. Deben entender y tener en cuenta los problemas del cierre e integrar los elementos económicos, ambientales y sociales en la toma de decisiones de la compañía.

Es importante que los plazos sean suficientes a fin de permitir la recopilación de información clave para lograr una planificación y decisiones de diseño racionales. Esto es particularmente importante en casos donde se necesite investigación sobre enfoques alternativos en diseño de cierre y opciones de rehabilitación.

Las decisiones tomadas durante esta fase pueden tener consecuencias a largo plazo para el medioambiente, los usos futuros del terreno y la salud y seguridad comunitarias, todo lo cual afectará el proceso de cierre y cese de la mina. En la fase de diseño se debe incluir un enfoque basado en el riesgo (véase el apartado 2.6) para evaluar una amplia gama de riesgos empresariales, incluidas las posibles responsabilidades medioambientales y de cierre a largo plazo.

En muchos estados y territorios de Australia las autoridades reguladoras exigen un plan de cierre como parte del proceso de aprobación. El plan se usa para evaluar el proyecto, los controles ambientales necesarios y la responsabilidad potencial a largo plazo que plantea el desarrollo de la mina. El plan de cierre debe considerar:

- el área potencial de alteración
- los receptores sensibles
- las cantidades y tipos de residuos a almacenar, incluidos relaves y roca estéril
- la naturaleza de los residuos, incluidas sus propiedades geoquímicas y el potencial de drenaje ácido de mina (AMD)
- un análisis de opciones alternativas y la optimización de los métodos u opciones seleccionados
- lugares adecuados y capacidad necesaria para instalaciones de almacenamiento de agua potable de consumo, de abastecimiento para procesos y para la gestión hídrica del lugar
- la estabilidad geotécnica de las estructuras terrestres superficiales y diseñadas
- los requisitos normativos para el diseño y cierre
- los diseños propuestos para las instalaciones de almacenamiento de residuos
- los costes de rehabilitación y cierre
- las cuestiones referentes a la sostenibilidad y el desarrollo social y económico, la infraestructura y el uso del terreno tras la minería y otros programas comunitarios.

Los planificadores de la mina deben sopesar el ahorro de costes a corto plazo junto con los problemas potenciales a largo plazo. Por ejemplo, una compañía puede tomar la decisión de explotar un yacimiento por métodos a cielo abierto en lugar de por minería subterránea. Esto puede facilitar un acceso más rápido a los minerales y, por lo tanto, un flujo de caja más temprano, pero puede provocar mayores cantidades de residuos y, si estos son ricos en azufre, pueden generar drenaje ácido de roca, con graves consecuencias de cierre y costes de gestión y mitigación. Una posibilidad para abordar la situación sería la eliminación de sulfuros residuales no específicos a través de los cambios de diseño u operación de una planta de procesamiento para aminorar la magnitud de la producción potencial de ácido de los relaves tras el cierre.

Durante la planificación de la construcción de una superficie terrestre eficaz, se necesita cierta información fundamental referente a los residuos extraídos, incluidos:

- las cantidad estimada de material residual que conformará las superficies
- las características físicas, químicas y geoquímicas del suelo y los materiales residuales
- la colocación preferente del material en las superficies terrestres para tener en cuenta las características del material y cantidad disponible (por ejemplo, aquellos materiales que pueden ser adecuados para colocar cerca de la superficie y aquellos que pueden ajustarse mejor en lo profundo de la masa)
- el orden y los plazos de disponibilidad de materiales por medio del cronograma minero.

La naturaleza del sitio y el grado de elegibilidad de la ubicación del depósito de residuos hace única a cada superficie. Siempre que sea posible, es importante considerar el lugar de impacto antes de la colocación de la infraestructura, ya que la ubicación del terreno puede tener consecuencias de millones de dólares. Los factores cruciales en la ubicación incluyen:

- la proximidad a la salida o salidas de la mina a cielo abierto
- la pendiente del área de impacto, tanto para la dirección del drenaje desde la superficie terrestre como para los costes de desecho
- la colocación en relación con el drenaje natural y, cuando sea posible, evitar bloquear la corriente superficial natural o adaptar el drenaje por debajo del terreno
- limitación del impacto (arrendamiento de propiedades, futuros depósitos minerales, flora, fauna y comunidades ecológicas prioritarias, lugares de patrimonio cultural, e infraestructura actual y futura);
- topografía, impacto visual y oportunidad de complementar el paisaje local
- la estabilidad del material subyacente.

Entender los plazos del flujo de material residual por tipo y ubicación preferencial de todos los materiales es clave para determinar si un plan de superficie terrestre se puede realizar.

### 3.4 Construcción y puesta en marcha



Las actividades de construcción en un proyecto de minería son lo primero que produce cambios visibles e impactos en el medioambiente y la comunidad. Esta etapa a corto plazo es la que exige el más alto nivel de empleo. La afluencia de mano de obra para la construcción puede brindar beneficios económicos a la comunidad local, en particular a las empresas locales, aunque también puede añadir presión sobre los servicios locales y tener un impacto social negativo sobre la comunidad. Es fundamental que contratistas y personal de la construcción entiendan las repercusiones que sus actividades pueden tener en las comunidades vecinas.

Normalmente, las actividades de construcción incluyen edificar o instalar:

- vías de acceso y pistas de aterrizaje
- campamentos de alojamiento y construcción
- suministros energéticos (electricidad, gas o gasóleo)
- instalaciones de almacenamiento de combustible y sustancias químicas
- sistemas de abastecimiento de agua
- planta trituradora y procesadora
- talleres y almacenes
- áreas de descanso para contratistas
- oficinas, vestuarios, asentamientos
- planta quebradora
- instalaciones de almacenamiento de relaves
- áreas de depósito de roca estéril
- superficies terrestres para mineral de bajo grado y otras
- preparación de pilas de acopio.

Durante la fase de desarrollo y construcción de la vida de la mina se toman muchas decisiones, las cuales influyen en el desmantelamiento y obras de cierre finales. Los posibles aspectos con repercusiones en el cierre y cese incluyen:

- La mala construcción de los cimientos de una TSF o estanques de almacenamiento de agua puede provocar el agravamiento del filtrado a largo plazo y la posible contaminación del agua subterránea.
- Los depósitos de roca estéril diseñados para manejar residuos de sulfuros deben tener cimientos apropiados de baja permeabilidad, un material disociador de ácidos colocado como capa basal o ambas cosas.
- La planificación limitada de la gestión del agua superficial con un control deficiente de la erosión durante la construcción puede provocar enormes cargas de sedimentos que se trasladan fuera del sitio durante las precipitaciones.
- Un almacenamiento y manejo correctos de combustibles y lubricantes y una gestión responsable de los talleres pueden reducir la contaminación de almacenamientos y derrames.
- La correcta identificación y manejo de mantillos y otros medios de crecimiento y el control del levantamiento de polvo, procedente de pilas de acopio de minerales, pueden ayudar a una gestión ambiental inmediata y a largo plazo.

También es importante que los propietarios de terrenos locales y la comunidad local no sufran inconvenientes innecesarios en este punto y que las bases de las relaciones a largo plazo puedan sentarse. La sostenibilidad requiere entender bien las relaciones complejas entre diversos riesgos, en especial el potencial de relación entre los riesgos ambientales, sociales, políticos, económicos y de reputación.

## 3.5 Operaciones



Una vez iniciada la producción, se considera que la mina está en la fase de operaciones, que se puede extender durante muchos años, en general de cinco a 20 y, en algunos casos, más de 50 años (por ejemplo, las minas grandes de mineral de hierro, carbón y bauxita). Durante este período habrá cambios operativos, expansiones de plantas y rehabilitación progresiva. Podría haber también cambios en la propiedad con estrategias de gestión posiblemente diferentes.

En el perfeccionamiento regular del plan de cierre de la mina, la compañía se debe concentrar en los objetivos a largo plazo y el uso de la tierra tras la minería. Todas las actividades se dirigirán a apoyar los objetivos a largo plazo.

Las prácticas líderes implican la asignación progresiva de recursos financieros así como la planificación e implementación de las medidas de finalización y cierre de la mina durante la fase operativa. Esto incluye la asignación de recursos financieros y un equipo de personas experimentadas que interactúen con la comunidad y otros grupos de interés durante el fin de las operaciones.

La fase de operaciones puede dividirse en tres etapas: puesta en marcha de las operaciones, operaciones maduras y planificación previa al cierre:

- La **etapa de puesta en marcha de las operaciones** es el período siguiente a la finalización de la construcción. En general incluye la puesta en marcha de la producción inicial; arranque y desmonte previo de minas a cielo abierto; desarrollo de rampas y pozos; o construcción de depósitos de roca estéril y TSF.
- Durante la **etapa de operaciones maduras** es cuando tienen lugar la mayor parte de las alteraciones, y la mina está en producción y explotación constante. Es importante durante esta fase que haya personal experimentado en la supervisión de la construcción y colocación de material nocivo en las superficies terrestres. Si no se mantiene el control de calidad en esta fase de la operación minera, se puede poner en riesgo la protección ambiental durante las operaciones y después del cierre.
- A medida que se agotan los recursos minerales conocidos, se aproxima la **etapa de planificación anterior al cierre**. Sin embargo, la duración de esta etapa suele ser impredecible, puede aumentar o disminuir rápidamente según las reservas minerales, descubrimientos o eventos imprevistos que lleven a un cierre repentino. En algunos estados y territorios de Australia, existe el requisito de elaborar un desmantelamiento y plan de cierre detallados dos años antes del cierre del yacimiento. El plan debe incluir la demolición de infraestructura, las labores de movimiento de tierras para superficies terrestres definitivas, la revegetación y el comienzo de un programa de seguimiento posterior al cierre. El desarrollo de un plan de cierre se detalla en el apartado 5.

## 3.6 Desmantelamiento y cierre



El desmantelamiento y cierre implican la implementación de los planes de cierre desarrollados en las primeras etapas. En esta fase también puede ser necesario realizar investigaciones y estudios para identificar la contaminación potencial y confirmar que los resultados y criterios acordados se hayan cumplido.

En el momento del cierre de la mina, la mayor parte del trabajo preparatorio necesario para proteger el medioambiente ya está hecho, como parte del plan de cierre bien concebido que se actualizó e implementó progresivamente durante la fase de operaciones.

Las minas pueden cerrar de manera imprevista durante la fase de operaciones por muchos motivos, como fallos en el procesamiento, limitaciones imprevistas de minerales, desplome del precio de las materias primas, rebasamiento presupuestario, oposición e indignación de la comunidad, importantes impactos ambientales inesperados o tal vez una combinación de esos factores. Un caso práctico es la mina de Bottle Creek en Australia Occidental.

### Caso práctico: Cierre no planificado

El proyecto aurífero Bottle Creek se encuentra 95 km al noroeste de Menzies, en la región de Northern Goldfields de Australia Occidental. La mina comenzó a operar en junio de 1988, pero debido a los limitados recursos de oro, cesó su actividad en noviembre de 1989. Durante la etapa operativa del proyecto, se establecieron tres minas a cielo abierto y depósitos de residuos, una planta, una plataforma de material bruto y dos instalaciones de almacenamiento de relaves.

En mayo de 1990, Norgold Limited presentó una propuesta para rehabilitar el yacimiento al entonces Departamento de Minerales y Energía (DME) de Australia Occidental. En 1992, el Ministro de Minería aprobó un plan mejorado y estableció como requisito el depósito de fianzas para garantizar un rendimiento incondicional.

Para el año 1994, la mina ya había sido rehabilitada en su mayor parte, pero poco después, 300 mm. de lluvias ciclónicas provocaron una importante erosión y la formación de barrancos en las superficies. El DME pidió a Norgold que llevara a cabo las correspondientes obras de rehabilitación para reparar el daño causado por el ciclón.

En septiembre de 1996, Norgold solicitó que el DME devolviera las fianzas. El inspector medioambiental planteó una serie de tareas que había que realizar antes de que las fianzas se pudieran retirar, como reparar los barrancos de erosión, resembrar las áreas con poca vegetación, ataludar ángulos de baja pendiente (en algunas de las estructuras restantes), aplicar mantillo en varias zonas y rellenar orificios de perforación. En octubre de 1996 y junio de 1997, se llevaron a cabo dos inspecciones conjuntas sucesivas del yacimiento. Se pidió a Norgold que presentase un nuevo plan de rehabilitación que detallase cómo, cuándo y hasta qué nivel realizaría las obras de reparación exigidas por el DME. En noviembre de 1997, Norgold presentó un nuevo plan de rehabilitación. Los trabajos se terminaron en mayo de 1998. El DME hizo otra inspección del yacimiento en ese mismo mes e identificó otros trabajos menores

En noviembre de 1998, Norgold presentó una revisión de cumplimiento y un informe de seguimiento que incluía una validación de la rehabilitación realizada y del ecosistema en desarrollo usando el análisis de función de ecosistemas. Este sistema de seguimiento, desarrollado por Tongway y Hindley de la Organización para la Investigación Científica e Industrial de la Commonwealth (CSIRO, <http://csiropedia.csiro.au/systems-developed>), informa sobre el estado del ecosistema al comparar el nivel de funcionalidad mostrado por la rehabilitación con el de los puntos de control o análogos de la región circundante.

Una inspección de cierre en diciembre de 2000 identificó dos problemas que no se habían resuelto a satisfacción del DME: el potencial de drenaje ácido de roca y la presencia de cabras salvajes dentro de la zona cercada.

Rio Tinto (que adquirió Norgold) investigó y posteriormente resolvió estos problemas a satisfacción del DME, que recomendó que se devolvieran las fianzas y que todas las condiciones de tenencia relacionadas con el proyecto se eliminaran del programa de condiciones adjunto a cada propiedad. En noviembre de 2001, el Ministro de Minería eliminó todas las condiciones y devolvió las fianzas, confirmando que Norgold había rehabilitado el emplazamiento a satisfacción del ingeniero de minas estatal.

El regulador sigue vigilando la mina Bottle Creek mediante programas ocasionales de seguimiento con funcionarios departamentales y una consultoría de Perth, que recopila y analiza datos de análisis de función de ecosistemas desde los transectos fijos de supervisión del emplazamiento.

The regulator continues to monitor Bottle Creek Mine by conducting occasional monitoring programs with departmental officers and a Perth-based consultancy, which retrieves and analyses ecosystem function analysis data from the fixed monitoring transects at the site.

Este caso práctico de cierre no planificado demuestra tres puntos importantes:

- Puede ser necesaria una persistencia considerable por parte de la compañía para lograr el cese, en especial si la rehabilitación inicial es inapropiada.
- La selección de un proceso sólido y verificable para supervisar y demostrar el cumplimiento de los criterios de finalización es fundamental para el cierre.
- El establecimiento temprano de criterios de finalización verificables es fundamental para recibir la aceptación y aprobación del cese por parte del organismo regulador.

Para más información sobre este caso práctico, consulte Anderson et al. (2002).



*La mina de Bottle Creek antes y después de la rehabilitación.*

Fuente: Manual Cierre y terminación de minas (2006).

Para que la compañía pase con éxito a la fase posterior al cierre y ceda el yacimiento minero desvinculada de todas las obligaciones futuras de mantenimiento y financiación, es fundamental lo siguiente:

- que haya habido un establecimiento temprano de criterios de finalización verificables (esto es fundamental para recibir la aceptación y aprobación para el cese por parte del organismo regulador);
- que haya un proceso sólido y verificable para supervisar y demostrar los criterios de finalización.

Puede poder lograr el cese, puede que se necesite una gran persistencia por parte la compañía, en particular si la rehabilitación temprana resultase inadecuada para ello. La calidad de la planificación del cierre de la mina se hará patente cuando la última tonelada de minerales pase por la planta de procesamiento y se cierre. En esta etapa, el personal clave del emplazamiento serán el gerente de cierre y el equipo de cierre.

Las actividades (que pueden durar algunos años) dentro de esta fase incluyen:

- demolición y retirada de infraestructura
- consolidación y desmantelamiento de instalaciones de relaves
- remodelación de las superficies mineras remanentes
- restablecimiento de la hidrología superficial y los sistemas de drenaje
- tratamiento, descarga o eliminación de agua de mala calidad
- finalizar los procesos de descontaminación y rehabilitación
- gestión, seguimiento, registro y documentación de los procesos de cierre
- medición de la eficacia de las labores de cierre en comparación con los objetivos y criterios de cierre acordados, e informar de los resultados
- control, consulta y comunicación de la evolución a los grupos de interés
- aprobación del Gobierno y la comunidad de forma gradual y progresiva.

Un procedimiento sistemático de registro y gestión de datos durante el desmantelamiento y cierre es fundamental para que el equipo de planificación del cierre entienda el estado de los trabajos de cierre y sus problemas.

### 3.7 Gestión y seguimiento posteriores al cierre



Incluso después de haberse demolido y retirado la mayor parte de la infraestructura de la mina y de haberse rehabilitado totalmente el sitio, queda el requisito de gestión y seguimiento continuos del emplazamiento. Esta fase se extiende hasta lograr la aprobación y cese definitivos, y que los nuevos usuarios del terreno asuman la propiedad y la responsabilidad.

Puesto que los problemas habituales del cierre, como el AMD, pueden tener un largo tiempo de demora antes de hacerse evidentes, tal vez sea necesario controlar el éxito de la revegetación, la efectividad de los sistemas de cobertura y los impactos en los recursos hídricos durante muchos años, hasta que haya disponibles pruebas sólidas de estabilidad y se pueda obtener el cese por parte del organismo regulador.

Aunque las prácticas líderes implican la temprana definición y acuerdo de los criterios de finalización así como aprobaciones progresivas, es posible que haya que supervisar algunos criterios durante un período prolongado (posiblemente de 10 a 20 años).

Se debe considerar cómo obtener recursos para esta fase del proceso de cierre, ya que hay muchas tareas a considerar, como logística, personal, seguridad y respuestas al cambio. Conservar a personal de la empresa o provisional que se ocupe de la gestión posterior al cierre puede requerir el mantenimiento de oficinas, instalaciones y equipos, pero puede resultar más rentable que buscar personal externo a la mina, que pueda carecer de conocimientos sobre el emplazamiento así como tener grandes costes de movilización.

Las compañías a cargo de algunos yacimientos cerrados tal vez deban permanecer a medio o largo plazo en el emplazamiento debido a los requisitos, sobre todo los relacionados con el tratamiento de aguas a largo plazo. Otras actividades en esta etapa pueden incluir:

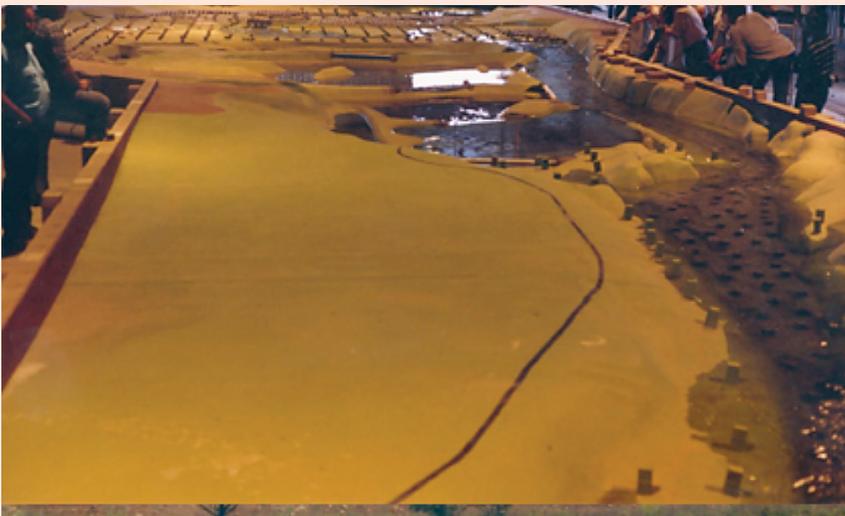
- garantizar que el lugar sea lo más seguro posible, dado que el área de la mina se vuelve cada vez más inactiva
- protocolos de seguridad adecuados (o nuevos) para el acceso al sitio, e instalación de la seguridad adecuada con objeto de limitar el acceso y evitar el vandalismo;
- revisión de actividades de desmantelamiento o rehabilitación fallidas
- seguimiento continuo y presentación de informes sobre los objetivos de rehabilitación y cierre en comparación con los objetivos y criterios de cierre acordados
- suministro de información de seguimiento y otros datos al organismo regulador y grupos de interés como parte del modo acordado y apropiado de obtener la aprobación (puede ser por medio de la aprobación progresiva de Gobierno y comunidad de los objetivos a largo plazo de los criterios de cierre)
- cese de las concesiones mineras y traspaso legal de la responsabilidad permanente a los grupos de interés y usuarios del terreno tras el cierre.

## Caso práctico: Uso del suelo tras el cierre, lagos de Penrith, Nueva Gales del Sur.

Los yacimientos mineros rehabilitados se convierten en humedales, presas de almacenamiento de agua, lugares turísticos, campos de golf, piscifactorías, parques de windsurf y esquí acuático, complejos de deportes de motor, anfiteatros e incluso canales de remo. Uno de los ejemplos más importantes en Australia se usó para las competiciones de remo de las Olimpiadas de 2000, que se celebraron en graveras rehabilitadas cerca de Penrith.



*Rehabilitación de una gravera de Penrith en curso (octubre de 1990).*



*Maqueta de agua superficial a escala física para el desarrollo de los Lagos de Penrith (octubre de 1990).*



*Graveras de Penrith previamente rehabilitadas (octubre de 1990).*

Aquellos que generan opciones de uso del suelo tras la explotación minera deben tener en cuenta en primer lugar factores como el clima, la topografía, los tipos de suelo y el uso de los terrenos adyacentes. Las consultas con vecinos, autoridades locales y grupos de interés sobre temas específicos relacionados con el uso del suelo tras la explotación minera también son una parte fundamental del proceso.

Cada yacimiento debe ser evaluado para su uso tras la explotación minera. La sostenibilidad es un factor importante: el uso continuo debe seguir siendo beneficioso para la comunidad local y el medioambiente, y el modelo de uso del suelo debe garantizar que el emplazamiento no se convierta en una responsabilidad para la comunidad.

En algunos casos, las opciones de usos del suelo continuos se verán limitadas por restricciones económicas, legales y técnicas. Por ejemplo, cuando los pozos profundos o minas a cielo abierto están rodeados de zonas inestables, no sería apropiado considerar opciones que atraigan gente al lugar. La primera prioridad siempre debe ser proteger el medioambiente y la seguridad y salud pública mediante el uso de prácticas de cierre responsables y seguras. Fomentar la participación de grupos de interés en la toma de decisiones sobre opciones de desmantelamiento ayuda a concentrarse en la sostenibilidad social y económica a largo plazo de las comunidades asociadas con el legado minero.

Fuente: Manual de *Cierre y terminación de minas* (2002, 2006).

## 4.0 PLANIFICACIÓN DEL CIERRE

### ASPECTOS CLAVE

- Tener la información correcta para tomar decisiones sociales y técnicas en la planificación del cierre requiere de la recopilación, evaluación y gestión de datos ambientales, sociales y económicos durante el comienzo de la planificación.
- Entender qué probables residuos se generarán, qué materiales quedarán expuestos y qué limitaciones impondrán estos factores en la operación minera es fundamental para la planificación de cierre.
- La gestión hídrica a través de todas las fases del ciclo minero es tan crucial para el cierre como la gestión de los residuos mineros.
- La caracterización de materiales residuales de la mina debe comenzar ya en la fase de exploración, y seguir durante las fases de viabilidad previa, viabilidad y operativa como base para la planificación del cierre de la mina.
- La colocación final de los residuos mineros en superficies construidas que sean física y químicamente estables a largo plazo se hará lo antes posible, y la rehabilitación progresiva debe tener lugar en cuanto sea posible.
- La rehabilitación y cierre de los relaves de la mina requiere una atención particular.
- En la planificación de una instalación de almacenamiento de relaves, las prácticas líderes en operaciones tienen en cuenta el cierre de la mina desde el inicio del desarrollo del proyecto y consideran todos los aspectos de la eliminación de relaves al desarrollar y mantener un plan de desmantelamiento de TSF.
- Para el cierre, se requiere la preparación de un plan de gestión de radiaciones que amplíe el plan de cierre. Debe incluir un programa de seguimiento y vigilancia permanentes a implementar una vez que el cierre haya finalizado satisfactoriamente.
- Es esencial llevar a cabo investigaciones exhaustivas durante las fases de viabilidad, planificación y diseño a fin de identificar y cuantificar los aspectos clave de la gestión de aguas superficiales y subterráneas.

Tomar las mejores decisiones sociales y técnicas en la planificación del cierre requiere la recopilación, evaluación y gestión de información ambiental, social y económica, la cual se debe manejar correctamente para que sea fácilmente recuperable y accesible.

Los ingenieros de minas, geólogos de minas y consultores en general tienen la mayor influencia en la planificación y el diseño de la mina. Deben entender y tener en cuenta los problemas del cierre e integrar los elementos económicos, ambientales y sociales en la toma de decisiones de la compañía. Para que la planificación de cierre de la mina sea exitosa, el equipo de gestión debe garantizar que el cierre esté integrado inicialmente en la planificación en lugar de ocuparse de eso al final de la vida de la mina. Un ejemplo visto con demasiada frecuencia es la construcción de depósitos de residuos sin comprender en detalle las propiedades físicas y geotécnicas, la composición química y las características geoquímicas del residuo minero.

Entender qué probables residuos se generarán, qué materiales quedarán expuestos y qué limitaciones

impondrán estos factores en la operación minera es fundamental para la planificación de cierre. Por ejemplo, el almacenamiento adecuado de material residual rico en metales o altamente reactivo puede incorporar encapsulado o colocación selectiva en el depósito de residuos. Las decisiones tomadas durante las fases de viabilidad, planificación y diseño pueden tener consecuencias a largo plazo para el medioambiente, los futuros usos del terreno y la salud y seguridad de la comunidad, todo lo cual afectará el proceso de cierre y cese de la mina.

Las prácticas líderes solo pueden realizarse a través del reconocimiento temprano de los materiales residuales de la mina potencialmente problemáticos, incluidos los que son física y químicamente perjudiciales para el crecimiento vegetal o aquellos potencialmente generadores de drenaje ácido de mina u otro tipo de drenaje minero. La naturaleza y composición de mineral y rocas anfitrionas difiere en cada mina, por lo que los potenciales riesgos de contaminación química y geoquímica, así como los riesgos para la integridad física de los depósitos de residuos construidos y para el éxito de la rehabilitación también serán diferentes.

La gestión del agua a través de todas las fases del ciclo minero es tan crucial para el cierre como la gestión de los residuos de la mina.

Este apartado vincula la caracterización de los potenciales materiales de residuos y los residuos de procesamiento (relaves), y el riesgo potencial de futura contaminación medioambiental, con el diseño adecuado de los depósitos de residuos. La experiencia ha demostrado que el diseño de superficies terrestres adecuadas debe incorporar la gestión del agua superficial y tener posibilidades de lograr los criterios de finalización propuestos.

## 4.1 Caracterización física, química y geoquímica de los residuos mineros

Independientemente del riesgo residual, el propósito de la caracterización es determinar el probable comportamiento físico y la reactividad química del material residual bajo las condiciones en que se almacenará; los elementos constitutivos presentes; y su probable especiación y movilidad futuras.

La caracterización de los materiales residuales de la mina debe comenzar ya en la fase de exploración y seguir durante las fases de viabilidad previa y viabilidad como base para la planificación de la mina, y debe incluir las concentraciones de referencia a partir de análisis significativos, así como los pertinentes valores geoquímicos de los posibles receptores finales.

Es esencial que la caracterización de residuos siga durante la explotación de la mina, en particular si el grado de los minerales y el plan minero cambian, por ejemplo, en respuesta a alteraciones en las condiciones del mercado. Las muestras obtenidas de actividades de perforación deben representar cada unidad geológica que se extraerá o expondrá y cada tipo de residuo para planes mineros actuales o proyectados, con objeto de representar de forma adecuada la variabilidad o heterogeneidad dentro de cada unidad geológica y tipo de residuo. Se debe prestar atención a cualquier mineralización localizada en la roca anfitriona que se enviará al depósito de residuos. Las cantidades y tipos de residuos a almacenar se revisarán durante la vida útil de la mina, ya que durante las primeras etapas de planificación las estimaciones solo pueden ser provisionales.

El análisis geoquímico debe incluir, como mínimo, el contenido total de azufre, e incluir los potenciales contaminantes clave de las principales pruebas de perforación. Los potenciales contaminantes químicos serán específicos del sitio, aunque pueden incluir una serie de metales y metaloides (como arsénico y selenio) además de los principales minerales objetivo de importancia económica. Además, se pueden medir varios parámetros para evaluar tanto la naturaleza ácida actual del residuo como su grado de generación potencial de ácido. Los procedimientos estándar de balance ácido-base y las pruebas de generación neta de ácido se aplican de manera rutinaria al evaluar tanto el potencial generador de ácido como la capacidad del residuo para neutralizar el ácido. Los resultados combinados se pueden usar para indicar que el material es potencialmente generador de ácido, aunque es necesaria la interpretación cuidadosa de todos los aspectos de la composición química y mineralógica para predecir con seguridad el alcance de la contaminación química.

Los diferentes minerales sulfurosos, así como las diferentes combinaciones de sulfuros en un determinado tipo de

roca, se oxidan a diferente velocidad en condiciones ambientales idénticas. La caracterización geoquímica debe complementarse con la determinación de los parámetros físicos y químicos y la mineralogía que influirán en la tasa de oxidación y producción de ácido. Las investigaciones mineralógicas deben analizar el tipo y modo de ocurrencia de los minerales carbonatados y sulfurosos. También se debe prestar atención a los materiales de residuos inocuos que puedan usarse en la construcción de depósitos de residuos físicamente sólidos y químicamente estables. Los atributos clave incluyen la erosionabilidad de los materiales y su potencial para ayudar al crecimiento vegetal.

## 4.2 Problemas relativos al drenaje minero

El drenaje ácido de mina (AMD) es producto de la suma de reacciones generadoras de ácido (oxidación de sulfuros, hidrólisis metálica) y reacciones neutralizadoras de ácido. Los minerales carbonatados son los más eficaces, y de acción más rápida, para neutralizar minerales. No obstante, casi todos los silicatos y óxidos más resistentes confieren cierto grado de neutralización ácida si se les da el tiempo necesario.

Aunque el AMD es el problema más extendido, se debe considerar el potencial de generar drenaje de pH más alto. Por ejemplo, el lixiviado alcalino es posible en el caso de rocas con altos contenidos de magnesio y cenizas volátiles. El drenaje de mina de pH alcalino y circumneutral puede contener cantidades importantes de metales y metaloides cuando es causado por la neutralización previa del AMD metalífero.

El objetivo principal de la gestión de residuos en términos geoquímicos debe ser contrarrestar, dentro de lo posible, las reacciones que producen acidez y metales en solución acuosa. La principal forma de hacerlo es limitar la exposición de los residuos al agua y el aire. Cuando el residuo deba permanecer provisionalmente en la superficie antes de su almacenamiento final, la prevención del inicio de AMD es importantísima. Además de minimizar la exposición al agua y la atmósfera, es recomendable la educación e participación de los trabajadores para reconocer los primeros indicios de AMD. La descontaminación rápida del AMD es importante para evitar la excesiva acidificación, antes de que la descontaminación se vuelva inviable o demasiado costosa.

Independientemente de la producción de ácido, evitar la meteorización del residuo mineralizado resulta beneficioso para minimizar la liberación de metales en disolución. La forma más efectiva de restringir la exposición de los residuos reactivos al oxígeno es depositarlos de manera permanente bajo el agua, lo cual da resultado por la limitada cantidad de oxígeno disuelto en el agua. No obstante, la cobertura hídrica solo es viable si permanentemente hay disponible un volumen garantizado de agua.

Se puede encontrar información adicional sobre caracterización y colocación selectiva de materiales en los manuales de prácticas líderes *Rehabilitación de minas* (DIIS 2016c) y *Prevención del drenaje ácido y metalífero* (DIIS 2016d).

## 4.3 Diseño y construcción y de superficies terrestres artificiales

Los terrenos de desechos mineros son los remanentes físicos más evidentes de las operaciones de minería. Como reflejo de ello, son un elemento importante en la rehabilitación, cierre y cese, así que deben ser seguros, estables, con vegetación apropiada y plantear un riesgo medioambiental permanente mínimo. Tradicionalmente, el principal centro de atención del diseño ha sido minimizar los costes de transporte. En muchos casos, el diseño y la construcción de superficies terrestres han implicado solo una consideración limitada de los requisitos de cierre y, en el mejor de los casos, se ha basado en las tecnologías conocidas de aquel entonces.

La colocación final de residuos de minas en superficies terrestres construidas que sean física y químicamente estables a largo plazo debe realizarse lo antes posible, seguida de la rehabilitación progresiva en cuanto sea viable. Los elementos clave de un diseño topográfico exitoso incluyen:

- la caracterización integral de las propiedades de suelos, cubierta y residuos de procesamiento de minerales para determinar su erosionabilidad potencial, capacidad de ayuda al crecimiento vegetal y potencial de impacto perjudicial en la calidad del agua
- la segregación y colocación selectiva de esos materiales con objeto de garantizar la creación de un medio favorable para el crecimiento vegetal y la protección de los recursos de hídricos
- la incorporación al diseño de la gestión de las aguas superficiales.

Los residuos que necesitan encapsulado tienen más probabilidad de aparecer en las profundidades, y la naturaleza de la minería a cielo abierto determina que se extraerán hacia el final de las operaciones. Entender de forma detallada la extracción minera y el plan de residuos establecido, permitirá el encapsulado y otra colocación selectiva del suelo y materiales residuales durante la planificación, diseño de superficies terrestres y construcción controlada. Las auditorías formales deben revisar la colocación del material residual, el desarrollo de superficies terrestres y la rehabilitación en relación con el plan, e incluir información actualizada sobre tipos y cantidades de residuos a medida que avanza la extracción minera.

Un objetivo clave de la planificación de superficies terrestres es colocar materiales residuales en el lugar correcto, en el momento indicado, a fin de proteger al medioambiente y el uso del terreno a largo plazo al menor coste. En la mayoría de los casos, establecer ecosistemas sostenibles después de la extracción requiere la conservación y reemplazo de suelos en el área de la explotación. La segregación y colocación selectiva de capas de cubierta se usa para soterrar el material perjudicial para la flora o que puede contaminar el agua, y salvaguardar los materiales que se puedan usar en el programa de rehabilitación.

Los malos resultados de la construcción de superficies terrestres incluyen:

- la erosión excesiva, que pone en potencial peligro la integridad de las capas de cobertura y puede provocar el movimiento de sedimentos en el entorno circundante
- la escasa implantación de la vegetación debido a las propiedades desfavorables del material
- un crecimiento deficiente de la vegetación debido a una inadecuada capacidad de retención de agua, deficiencia de nutrientes o toxicidad química
- problemas a más largo plazo, como drenaje profundo a través del material perjudicial almacenado.

La pendiente de la superficie terrestre, así como la naturaleza del suelo y los materiales residuales de la mina afectan directamente a los objetivos fundamentales a largo plazo, como la resistencia a la erosión; la integridad del encapsulado de residuos perjudiciales; la capacidad de recibir y almacenar precipitaciones; y la capacidad de beneficiar al crecimiento vegetal. Descontaminar las superficies terrestres existentes para corregir problemas causados por la colocación inapropiada de residuos mineros puede ser extremadamente costoso.

La roca estéril se suele incorporar a la superficie de pendientes de taludes exteriores para reducir el potencial de erosión y permitir la construcción de taludes relativamente largos y altos sin bermas. Otra opción es crear perfiles de pendiente cóncavos, que reducen el potencial de erosión considerablemente.

Manejar las aguas superficiales en los depósitos de residuos construidos es vital para minimizar el flujo concentrado y erosivo de agua. Asegurar que los diseños de superficies terrestres tengan en cuenta las fuertes precipitaciones es un aspecto crucial. En general, la erosión de las superficies terrestres construidas en yacimientos mineros se produce por la formación de cárcavas después de fallar las estructuras de control de aguas. Los motivos del fallo incluyen construcción equivocada, erosión de túneles y rebosamientos debido a la precipitación sedimentaria. En áreas áridas donde la vegetación superficial es demasiado escasa como para proteger la superficie del suelo, los índices de erosión de las pendientes pueden seguir siendo altos. En esos casos, los perfiles de taludes exteriores que incluyen bermas (raramente sostenibles) pueden requerir un mantenimiento regular (retirada de sedimentos) mientras la erosión continúe, a fin de evitar que la sedimentación cause rebosamientos y formación de cárcavas.

El funcionamiento eficaz de las superficies terrestres y el cumplimiento de los criterios de finalización exigen fundamentalmente estabilidad geotécnica; resistencia a la erosión; gestión y eliminación adecuados del agua excedente de las tormentas; almacenamiento del filtrado potencial, minimizando los impactos del drenaje profundo; y garantizar la humedad del suelo para la vegetación.

Si el agua no necesita excluirse de la aglomeración de la superficie terrestre, el diseño de la capa superficial se puede centrar en facilitar la infiltración, en los requisitos de la vegetación en cuanto a humedad del suelo y en la gestión de la erosión. Si se debe excluir el agua, se considerarán varios factores, incluidos la configuración de la pendiente; el manejo de la escorrentía; la capacidad de los materiales superficiales de recibir y almacenar precipitaciones; la evaporación y transpiración de la vegetación; y las vías de caudal preferente.

Es posible desarrollar un diseño de superficies terrestres que minimice los costes de operaciones y del cierre, y que también plantee el menor riesgo para el entorno circundante. Las estrategias que usan un enfoque basado en modelos de bloques para la construcción de superficies terrestres son una potente herramienta para el cierre de la mina, puesto que crean una interrelación funcional para que las limitaciones ambientales se combinen con la ingeniería y la economía mineras e influyan sobre estas.

## 4.4 Relaves mineros

El Consejo Nacional de Australia sobre Grandes Presas (Australian National Council on Large Dams) adopta una postura particularmente firme sobre la planificación de TSF en relación con la gestión del riesgo:

El objetivo de la planificación es garantizar un esfuerzo en el manejo de un nivel adecuado de riesgo durante todas las fases del ciclo de una presa de relaves, incluidos la elaboración de la propuesta, diseño, construcción, funcionamiento, desmantelamiento, rehabilitación, seguimiento permanente y extenso período posterior al cierre (ANCOLD 2012).

Las TSF están diseñadas para ser geotécnicamente estables y seguras durante la explotación, y para que su estabilidad aumente después del cierre de la mina. No obstante, en ese contexto, los relaves se consideran como uno de los materiales más fácilmente desplazables que siguen quedando tras la explotación minera. La contaminación se puede desplazar desde las presas a través de una serie de mecanismos, como polvo en suspensión; en forma líquida o semilíquida; y en el agua, como sólidos en suspensión y materiales disueltos (Envec 2005).

Los problemas relacionados con el cierre de TSF con frecuencia son complejos y requieren una comprensión detallada de la naturaleza física, biogeoquímica y geoquímica de los relaves específicos y la instalación donde se almacenan. Identificar problemas y riesgos potenciales al inicio de la vida de la mina puede orientar la planificación hacia un diseño y punto de finalización en particular.

En la planificación de una TSF, los operadores que siguen las prácticas líderes:

- consideran el cierre de la instalación desde el inicio del desarrollo del proyecto: «diseño con el cierre en mente»
- consideran ampliamente todos los aspectos de la eliminación de relaves en relación con las numerosas variables del entorno de la explotación
- consultan extensa y adecuadamente antes de seleccionar la técnica de eliminación de relaves, así como la ubicación, el tipo y diseño de la TSF, conforme al funcionamiento de la instalación hasta su cierre final
- desarrollan métodos para eliminación de relaves, gestión de la eliminación, auditoría anual y gestión proactiva de la instalación, para originar procedimientos de respuesta a emergencias y un manual de operaciones
- desarrollan y mantienen un plan de desmantelamiento de TSF, que incorpora una idea clara del diseño de superficies terrestres final y el objetivo de uso de terreno, y revisan regularmente el plan y su aplicabilidad.

Una TSF puede evolucionar con los años durante las operaciones, y puede variar del plan original cuando el operador y los diseñadores realizan ajustes para optimizar el dinámico proceso funcional y económico de la mina y la eliminación de sus relaves. Como las fuentes de minerales, el grado de los minerales y el plan de la mina se modifican, lo que potencialmente da como resultado cambios en la geoquímica de los relaves, es imperativo que la caracterización de relaves y materiales de cobertura siga durante toda la vida útil de la mina.

El operador debe brindar una metodología para ese proceso de revisión de diseño, y se deben identificar las limitaciones operativas e incorporarlas en los procedimientos operativos. Un objetivo principal debe ser operar la TSF para lograr el cierre y permitir su uso previsto después de este (Bennett y Lacy 2012).

Según ANCOLD (2012), la planificación de rehabilitación y cierre debe garantizar que el área de eliminación de relaves quede de tal manera que pueda:

- mantener un impacto medioambiental aceptable
- ser estructuralmente estable
- ser resistente al deterioro por erosión o descomposición
- ser compatible con el terreno circundante no explotado
- ser funcionalmente compatible con el uso acordado del terreno tras la minería.

La experiencia demuestra que el desmantelamiento es más eficaz si lo aborda sistemáticamente un equipo de personas con alta experiencia en las disciplinas científicas adecuadas para facilitar un cierre planificado eficaz y sostenido (Lacy y Barnes, 2006).

Debido a la complejidad de las TSF, los organismos reguladores recomiendan el desarrollo de un plan conceptual de desmantelamiento para cada una. El plan presenta una evaluación detallada del estado actual de la instalación y toda obra de ingeniería posterior propuesta como parte de su cierre final y rehabilitación. Para proporcionar un plan conceptual de desmantelamiento adecuado y completo se necesitan, como mínimo, especialistas en medio ambiente, geotecnia e ingeniería, así como hidrólogos (de aguas superficiales y subterráneas) y geoquímicos.

Las TSF suelen ser fuente de riesgo significativo tras el cierre, y se convierten en legados negativos. No obstante, la tecnología en eliminación de relaves sigue evolucionando, por ejemplo mediante avances relacionados con el espesor de los relaves a fin de hacer un uso eficiente del espacio en la TSF, uso eficiente del agua y estabilidad a largo plazo de los relaves rehabilitados y las presas de residuos (Jewel 2005).

El tema de cierre de relaves, desmantelamiento y rehabilitación está tratado con mayor detalle en el manual de prácticas líderes *Gestión* de relaves.

El apéndice 3 de este manual enumera los problemas, consecuencias y opciones en relación con los impactos de las TSF.

## Caso práctico: Eliminación de relaves, rehabilitación, cierre y finalización en una mina de bauxita en Australia Occidental.

### El apilado en seco paga dividendos para Alcoa

Alcoa World Alumina Australia produce actualmente 7,3 millones de toneladas de alúmina al año en sus refinerías de Australia Occidental, en Kwinana, Pinjarra, y Wagerup. Las refinerías usan bauxita extraída en el cercano Darling Range. Este mineral es de bajo grado según los estándares mundiales, ya que se producen dos toneladas de residuos por cada tonelada de alúmina extraída.

El almacenamiento de este residuo plantea algunos problemas medioambientales importantes. Las refinerías están cerca de importantes centros de población y junto a algunos de los terrenos más productivos del estado, el volumen de residuos producido es grande, y su alcalinidad tiene el potencial de afectar los valiosos recursos hídricos superficiales y subterráneos.

Hubo una serie de motivos y procesos medioambientales por los que el almacenamiento de relaves «húmedos» de baja densidad en presas grandes no fue la técnica escogida para el almacenamiento futuro.

El trabajo de desarrollo de técnicas alternativas se inició a principios de los ochenta, y en 1985 se adoptó el «apilado en seco» para las refinerías de Alcoa en Australia Occidental. El apilado en seco usa un súper espesador de gran diámetro para quitar el agua de los relaves finos, que luego se distribuyen en capas sobre las áreas de almacenamiento para que se terminen de deshidratar mediante una combinación de secado por drenaje y evaporación. Utilizando la fracción gruesa de los relaves para la construcción de capas de drenaje y terraplenes de perímetro ascendente, el área de almacenamiento puede construirse como una pila progresiva, se evita la necesidad de diques perimetrales de altura completa y se permite el apilado continuo en áreas que previamente eran presas «húmedas».

Labrar de modo rutinario el barro con equipos mecánicos se ha denominado «agricultura de lodo». La agricultura de lodo ayuda a obtener una densidad máxima que permite crear pilas secas con pendientes externas máximas (se consigue una fuerza mínima de 25 kPa, lo que permite una pendiente exterior de 6:1) y maximiza la eficiencia de almacenamiento de la pila.

La agricultura de lodo también minimiza el potencial de generar polvo, y esto es importante dada la ubicación de las refinerías cerca de zonas residenciales. Labrar la superficie expone una superficie húmeda, entierra el carbonato y genera una rugosidad superficial que evita que se desprenda polvo una vez que los relaves se han secado.

En la actualidad, el apilado en seco de residuos de bauxita se encuentra plenamente operativo en las tres refinerías de Alcoa en Australia Occidental. Se ha desarrollado una serie de técnicas para optimizar la distribución de lodo y los procesos de secado, que ahora se han convertido en prácticas estándares, y ya se están aprovechando las ventajas de reducir los riesgos medioambientales y bajar los costes generales de almacenamiento.



*Uso de una excavadora de pantano D6 para aumentar la velocidad de secado.*

Fuente: DRET (2011).

## 4.5 Aspectos radiológicos

Los aspectos radiológicos se consideran no solo para minas de uranio y torio, sino para cualquier explotación relacionada con minerales que implique materiales radiactivos de ocurrencia natural, como fosfatos, arenas minerales o explotaciones de tierras raras e instalaciones de petróleo y gas.

Al considerar los aspectos radiológicos del cierre del emplazamiento minero o de procesamiento de minerales, primero se debe determinar si el sitio debe cerrarse de forma permanente o provisional, y si el trabajo de cierre es una «acción planificada» o una «situación existente», según la definición de los estándares internacionales. Las respuestas a estas cuestiones ayudarán a fijar los límites a la hora de adoptar estándares de descontaminación, así como también lo hará la selección de un uso del terreno tras la minería.

Una vez determinados los objetivos de uso del terreno y los estándares apropiados para la situación posterior al cierre, estos pueden incorporarse al plan de cierre del emplazamiento. Independientemente de que el sitio esté clasificado como «acción planificada» o «situación existente», es importante entender que los requisitos de protección radiológica para el personal que realiza labores de descontaminación deben ser los mismos que para otros empleados expuestos a radiación dentro de una «acción planificada».

Las directrices sobre evaluación del riesgo radiológico y los estándares a utilizar durante las labores de descontaminación, y a lograr en el momento de la finalización, se encuentran en el material publicado por la Agencia Australiana para la Seguridad Nuclear y Protección contra la Radiación (ARPANSA 2005) y la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA 2002).

Para el cierre, se debe preparar un plan de gestión de radiaciones que amplíe el plan de cierre, e incluir un programa de seguimiento y vigilancia permanentes a implementar una vez que el cierre haya concluido satisfactoriamente. El plan debe ser aprobado por las autoridades reguladoras y debe incluir los puntos radiológicos finales a alcanzar en cuanto a dosis, así como indicar cómo se debe demostrar el cumplimiento de los límites normativos.

Las prácticas líderes en gestión de los aspectos radiológicos de cualquier yacimiento van más allá de la gestión del riesgo operativo; debe garantizar que se identifiquen los objetivos y estándares posteriores al cierre pertinentes y se incorporen al plan de cierre en una etapa inicial. Esto debe garantizar que todas las etapas de la operación minera estén integradas en el trabajo hacia un resultado aprobado y aceptable tras el cierre y cese definitivo.

## 4.6 Gestión hídrica

El agua es una parte fundamental de prácticamente toda actividad minera y, por lo general, es el principal medio de transporte de contaminantes al medioambiente. El consumo de agua por parte de las operaciones mineras también puede ser una fuente importante de inquietud para la comunidad, en particular en zonas basadas en la industria agrícola u otras industrias de uso intensivo de agua. Por lo tanto, es fundamental una gestión racional del agua en todas las operaciones mineras: considerar el agua como un activo con valor social, cultural, ambiental y económico puede ser la diferencia entre operar de manera rentable o generar pérdidas.

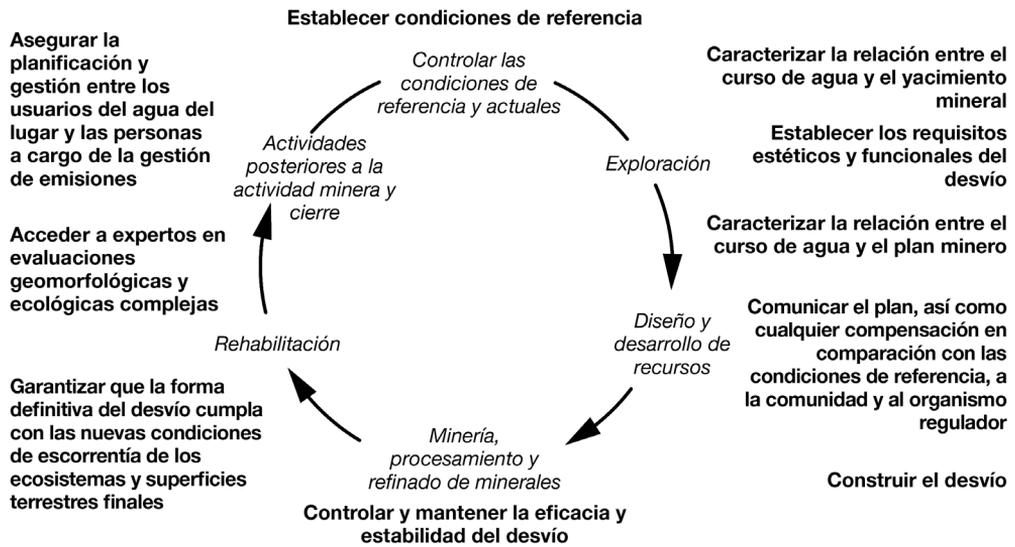
Es esencial llevar a cabo investigaciones exhaustivas durante las fases de viabilidad, planificación y diseño para identificar, determinar y, si es posible, cuantificar lo siguiente:

- una evaluación inicial de referencia de los recursos hídricos de la explotación
- los impactos de la captación y desvío de aguas de los recursos hídricos y usuarios locales
- los requisitos de aprobación y regulación gubernamentales
- el diseño del abastecimiento, almacenamiento y los sistemas de tratamiento de agua
- volúmenes para la supresión de polvo y caudal procedente del achique
- si se necesitan planes de gestión hídrica específicos para áreas particulares de la explotación
- la eliminación de aguas residuales
- la gestión del agua de lluvia del lugar
- los impactos a largo plazo sobre la calidad y cantidad de los recursos hídricos presentes en el entorno después del cierre
- las expectativas de la comunidad durante las operaciones y después del cierre, incluida la comunicación del grado en que se pueden cumplir, y registro del proceso.

La minería causa cambios permanentes en el paisaje que pueden alterar sus funciones hidrológicas. Esto puede tener importantes consecuencias a largo plazo sobre el entorno circundante después del cierre.

Para acceder al recurso mineral en operaciones de minería superficiales, a veces es necesario, durante la etapa de desarrollo, desviar un río o arroyo alrededor de las obras. La práctica líder en diseño de desvíos de cursos de agua reducirá el tiempo y costes asociados al proceso de aprobaciones. Las actividades principales que se deben realizar para planificar e implementar el desvío en diversas etapas durante el ciclo de vida de una explotación aparecen en la figura 6.

Figura 6: Problemas significativos en el diseño y gestión del desvío de cursos de agua durante la vida de una explotación



Los desvíos son similares a las estructuras de drenaje, ya que su objetivo funcional es desviar el curso alrededor de la explotación y lejos de esta, de manera eficiente, previsible y segura. Los cursos de agua naturales son dinámicos (son propensos a desbordamientos e inestabilidad del cauce), mientras que los desvíos deben ser estables, contener el caudal y no afectar a los niveles de desborde de manera inaceptable. Es preferible que el desvío no actúe como barrera física para la migración de organismos acuáticos.

También es fundamental que los patrones de drenaje de aguas superficiales no dañen la integridad de las superficies terrestres que permanezcan después del cierre. Se debe acordar con los principales grupos de interés las posibilidades de la compañía de restaurar o gestionar, cuando proceda en el momento del cierre, los patrones de drenaje superficial para que sean coherentes con la función de drenaje regional.

Durante el proceso de cierre de la mina de carbón New Wallsend, cerca de Newcastle, Nueva Gales del Sur, uno de los desafíos técnicos más importantes exigió técnicas innovadoras, incluido el restablecimiento de una sección de 500 metros del arroyo Maryland (véase el caso práctico).

## Caso práctico: Proyecto de cierre de la mina New Wallsend: restablecimiento del arroyo Maryland

El 24 de diciembre de 2002, cesó la actividad de la mina New Wallsend en Newcastle, Nueva Gales del Sur. La mina era propiedad de Newcastle Wallsend Coal Company, subsidiaria al 100 % de Oakbridge Pty Limited. Con la compra de la mayoría de las acciones de Oakbridge en marzo de 2000, Xstrata Coal Pty Limited se comprometió a realizar la rehabilitación del yacimiento, a pesar de no haber extraído ni una sola tonelada de carbón. Xstrata se fusionó con la empresa suiza de compraventa de productos básicos Glencore Group en mayo de 2013.

### Obras de cierre: restablecimiento del arroyo Maryland

El cierre requirió técnicas innovadoras, incluido el restablecimiento de una sección de 500 metros del arroyo Maryland. Originalmente, el arroyo se entubó a lo largo del yacimiento con el fin de abastecer a instalaciones adicionales de apilado de carbón.



*Preparativos para el restablecimiento del arroyo Maryland.*

Como parte de la reconstrucción de la línea del arroyo, se estableció una planicie de inundación con un canal de bajo flujo serpenteante cavado por el centro. El diseño del arroyo tuvo en cuenta la naturaleza ascendente del canal e incluyó la construcción de una secuencia similar de remansos y rápidos, así como una estructura ribereña. Xstrata fue más allá del cumplimiento al colocar material inerte de recubrimiento sobre la excavación del arroyo para evitar su exposición a material potencialmente inestable (desechos de carbón) a través del cual se restableció el arroyo.



*Reconstrucción junto a la línea del arroyo*

El proyecto representó un cambio en las obras tradicionales de construcción y desviación de arroyos usadas de forma generalizada en la industria minera. El diseño fue desarrollado en consulta con las agencias reguladoras correspondientes y se basa en la reproducción de los procesos naturales para garantizar la estabilidad a largo plazo. La vegetación ribereña se ha vuelto auto-regenerativa, y el trabajo de mantenimiento necesario después del cierre (reparación de erosión) ha sido escaso.

### **Importancia del proyecto**

El restablecimiento del arroyo Maryland ha sido importante para el éxito general del proyecto de cierre de la mina New Wallsend. En 2006, el proyecto recibió el premio a la Excelencia Medioambiental del Consejo de Minería de Nueva Gales del Sur, y en mayo de 2007, Xstrata Coal recibió la aprobación para comenzar el cese del arrendamiento, que se llevó a cabo durante los dos años siguientes a la finalización de las actividades de cierre.



*Cierre de la mina New Wallsend: antes (izquierda) y después (derecha).*

Fuente: DRET (2008:76).

La gestión eficaz de las aguas subterráneas también es una cuestión crucial a considerar durante las fases de planificación, operación y cierre de la mina. El conocimiento del entorno de referencia de las aguas subterráneas es esencial para una planificación eficaz de la mina, a fin de identificar necesidades de achique; proveer suministros hídricos para la construcción de la mina y sus operaciones; y entender los requisitos de protección de acuíferos y cierre.

Los estudios de evaluación de aguas subterráneas suelen requerir el establecimiento de un sistema de seguimiento al inicio del ciclo minero. A través de la recopilación de datos e información, se puede desarrollar un modelo conceptual del lugar. Esto ayudará a entender el flujo de aguas subterráneas, la calidad del agua y los parámetros hidráulicos de los acuíferos, como conductividad y coeficiente de almacenamiento hidráulicos, los cuales ayudan al desarrollo de modelos de aguas subterráneas del lugar cuando sea necesario.

Para evaluar los flujos entrantes a un pozo o hueco, se pueden usar modelos de aguas subterráneas conceptuales y numéricos, a fin de determinar vías potenciales de contaminación o, simplemente, determinar la ubicación y disponibilidad de las reservas de agua. Las evaluaciones de aguas subterráneas y los estudios de modelización demuestran ser una herramienta de planificación rentable para todas las etapas del ciclo minero.

El seguimiento, auditoría y análisis de las aguas superficiales y subterráneas durante todas las fases del ciclo minero son cruciales para el cierre, pues estos procesos respaldan la capacidad para desarrollar y cumplir los criterios de finalización propuestos y acordados.

## 5.0 DESARROLLO DE UN PLAN DE CIERRE

### ASPECTOS CLAVE

- Un plan de cierre debe reflejar las normas y principios corporativos, así como también las pautas reguladoras, y proporcionar una base adecuada para estimar el coste del cierre.
- El plan debe incluir una descripción de las labores de cierre previstas en el lugar, y contener los objetivos y criterios que conforman la base para la evaluación de las opciones de cierre propuestas e indican aquello que la empresa se compromete a alcanzar en el momento del cierre.
- Para identificar posibles problemas ambientales, así como para ayudar a la toma de decisiones durante el funcionamiento y cierre de la mina, es necesaria la información medioambiental obtenida en los estudios de referencia llevados a cabo durante las fases de exploración, viabilidad, planificación y diseño.
- Una vez que los riesgos y posibilidades de cierre sean eficazmente evaluados, el plan de cierre ya puede ser utilizado para gestionar los riesgos a un nivel aceptable.
- Lo ideal es que los criterios de finalización, que podemos definir como objetivos de eficacia en la rehabilitación, se redacten durante la fase de planificación de la mina, en consulta y acuerdo con los principales grupos de interés. Dichos criterios deben ser revisados periódicamente.
- Las continuas investigaciones realizadas sobre el terreno, el seguimiento de los programas y las revisiones son aspectos cruciales en la planificación y en los cambios principales durante la elaboración del plan de operaciones.
- La aplicación de prácticas líderes y principios del desarrollo sostenible durante la fase de viabilidad es fundamental para demostrar competencia, al poner de relieve el valor potencial de los recursos y forjar la confianza con la sociedad y el Gobierno.
- El plan de cierre deviene en un plan de desmantelamiento cuando la exploración no puede determinar un cálculo de más reservas viables, y la dirección de la mina puede fijar una fecha probable para su cierre.

Un plan de cierre debe reflejar las normas y principios corporativos, así como también las pautas reguladoras, y proporcionar una base adecuada para estimar el coste del cierre. El plan debe detallar la gestión de las labores de cierre previstas en el lugar, y contener los objetivos y criterios que conforman la base para la evaluación de las opciones de cierre propuestas y para identificar los principales indicadores de rendimiento.

Los objetivos de un plan de cierre son los siguientes:

- posibilitar que los intereses de todos los grupos de interés sean tenidos en cuenta durante el cierre de la mina y llegar a un acuerdo para el uso del terreno tras la explotación minera
- asegurar que la fase de cierre sea rentable y se lleve a cabo de forma puntual y en los plazos adecuados
- garantizar que el coste del cierre esté adecuadamente representado en la contabilidad de la empresa y no suponga ninguna responsabilidad económica para la sociedad
- procurar una rendición de cuentas clara y suficientes recursos para la puesta en ejecución del plan
- definir un conjunto de indicadores para demostrar la consecución satisfactoria del cierre
- que la empresa cumpla con los criterios de finalización acordados para satisfacer los requerimientos del organismo regulador

Un plan de cierre es un documento dinámico que debe reflejar el nivel de detalle necesario para la fase de desarrollo del proyecto minero. Los planes de cierre evolucionan a lo largo de la vida de la mina y deben proporcionar más detalles a medida que la mina se aproxima a su desmantelamiento y cierre. Para mantener la credibilidad y aprobación de la sociedad, es imperativo que la información contenida en el plan de cierre sea rigurosa y pertinente.

## 5.1 Recopilación de información medioambiental de referencia

La información medioambiental obtenida en los estudios de referencia llevados a cabo durante las fases de exploración, viabilidad, planificación y diseño es necesaria para:

- identificar qué posibles problemas ambientales se habrán de gestionar durante la fase de cierre de la mina
- fijar las condiciones de referencia para los programas de supervisión del cierre, lo cual incluye la identificación de las fuentes de control e información
- investigar y precisar los valores medioambientales relevantes
- ayudar a la toma de decisiones a lo largo de la vida útil y durante el cierre
- establecer objetivos de cierre factibles y cuantificables, al igual que criterios de finalización

Una base de datos geoespacial, tal como un sistema de información geográfica (SIG), es inmediatamente útil para la recopilación de datos al hacer posible que todos los lugares inspeccionados se puedan anotar con precisión y toda la información recopilada se pueda vincular a dicha base de datos espacial. De esta manera, se puede actualizar fácilmente la información y acceder a ella durante la vida de la mina.

La recogida de datos sobre los siguientes factores ambientales debe considerarse como una condición mínima para llevar a cabo cualquier operación, no solo como ayuda para la planificación del cierre, sino también para identificar qué aspectos requieren ser supervisados o estudiados más a fondo durante la vida de la mina:

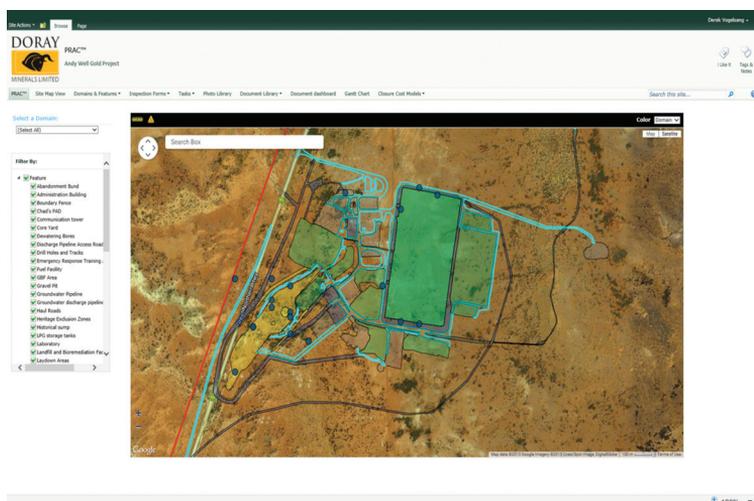
- condiciones climáticas
- topografía, geología, suelos
- hidrología de la superficie, hidrogeología, vegetación
- fauna
- fauna subterránea
- recursos biológicos (banco de semillas presentes en el mantillo)
- recursos socioeconómicos, incluido el patrimonio cultural.

Mediante la toma de una serie de datos de referencia, el operador puede definir un contexto regional acerca del impacto potencial de una operación. Es importante que el proceso de recogida de información medioambiental sea continuo para que la base de datos contenga las variaciones espaciotemporales observadas en la naturaleza. Esta información permitirá incorporar las fluctuaciones naturales a los criterios de finalización. Los impactos acumulativos también deberán ser evaluados e informados.

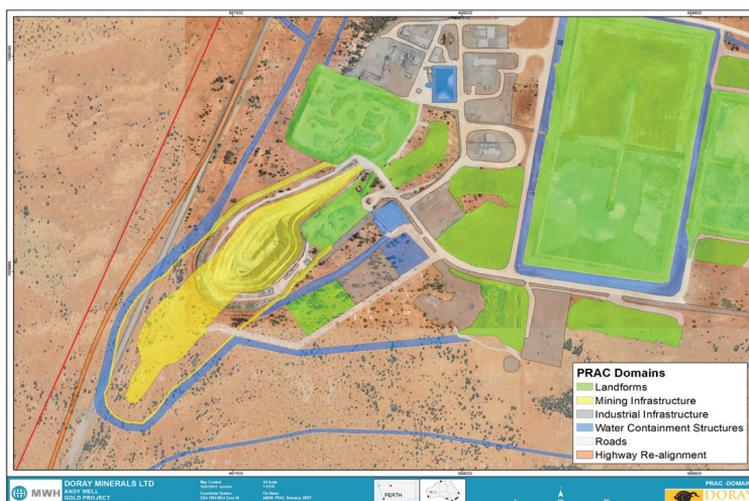
Asimismo se necesita información sobre las condiciones socioeconómicas a fin de asegurar que el plan de cierre para el entorno biofísico tiene en cuenta a la comunidad local: tanto su actual como futuro patrón demográfico, así como también el uso del terreno presente y futuro.

## 5.2 Desarrollo de una base de conocimientos sobre dominios y elementos

Para facilitar una planificación eficaz del cierre de la mina, la operación se debe dividir en una serie de dominios físicamente distintos. Este concepto fue desarrollado en Red Dome Mine (McCarthy et al., 1998). Cada dominio comprende elementos que tienen requisitos de rehabilitación y cierre similares. Un ejemplo de dominio podrían ser las instalaciones de almacenamiento de agua compuestas de elementos tales como estanques de aguas de procesamiento, *turkey's nests* (presas circulares) y estanques de evaporación: todos ellos tendrían tareas de cierre y desmantelamiento similares. Las siguientes imágenes, procedentes del sistema de gestión de cierre PRAC™ (Progressive Rehabilitation and Closure), alojado en la web, muestran delineados los dominios y elementos de la mina Doray Minerals Andy Well, así como una vista aérea con los dominios identificados según un código de colores.



*Dominios y elementos delineados de la mina Doray Minerals Andy Well. Imagen procedente del sistema de gestión de cierre PRAC™ (Progressive Rehabilitation and Closure), alojado en la web.*



*Vista de la mina Andy Well, con los dominios identificados según un código de colores.*

Una detallada base de conocimientos sobre cada elemento proporcionará un resumen completo de cada dominio. Dicha base de conocimientos debe recopilar el estado actual de cada elemento en particular, así como incorporar el historial y la información técnica, tal como información sobre el diseño, informes de construcción, manuales de operación e informes de especialistas, además de toda la información disponible acerca de la rehabilitación y supervisión.

El desarrollo continuo de la base de conocimientos sobre cada elemento permite que el plan de cierre de la mina pueda ser utilizado como una herramienta de gestión eficaz. Por ejemplo, la recopilación en la base de conocimientos de un inventario de residuos mineros que detalle las cantidades y características de los materiales de desecho generados durante las operaciones. Mediante este inventario, los planificadores de la mina pueden estimar la disponibilidad de materiales para su uso como recursos en la rehabilitación, y el operador puede tomar decisiones documentadas en materia de planificación del fin de la vida de la mina, ya que pueden analizar la erosionabilidad potencial de los materiales de desecho extraídos y su capacidad para actuar como componentes en la rehabilitación superficial o cuasisuperficial.

Una vez que la base de conocimientos ha sido detallada y documentada, puede llevarse a cabo un análisis gap. Para eliminar el gap o laguna de conocimientos, se emprenden ensayos y tareas de investigación y desarrollo. La identificación temprana del gap de conocimiento ayuda a orientar los programas de investigación y desarrollo necesarios para demostrar la eficacia de los métodos de rehabilitación no probados. El gap de conocimiento se irá eliminando progresivamente a medida que vaya habiendo nuevos detalles disponibles en la base de conocimientos. Lo ideal es planear y registrar la ubicación de todos los tipos de desechos existentes en los depósitos de residuos. Si eso se hace, quedará reflejado en la base de conocimientos. Un ejemplo de trabajo de investigación y desarrollo, en un caso en el que los desechos encapsulados sean potencialmente generadores de ácidos, metalíferos o ambas cosas, podría ser el desarrollo de una base de datos geológicos y geoquímicos para mostrar las condiciones de base y el riesgo de drenaje ácido de mina.

Asimismo, se debe determinar el riesgo asociado al gap de conocimiento. Este tipo de contingencia toma relevancia en la evaluación del riesgo de cierre y en el desarrollo de controles para aminorarlo. Un registro de riesgos es útil para que el equipo de planificación del cierre pueda estimar la probabilidad del mismo, y es posible utilizarlo junto con un sistema de gestión y registro de datos que mantenga un seguimiento del estado de esta cuestión.

### **Caso práctico: Cierre prematuro de una mina de interés medioambiental, cultural y de biodiversidad**

La mina de oro de Timbarra está situada a 30 kilómetros al este de Tenterfield, Nueva Gales del Sur. Ross Mining comenzó su desarrollo en mayo de 1998 como pequeña operación de lixiviación de oro en pila (86 hectáreas), pero se cerró prematuramente seis meses después, tras producir 15.000 onzas.

Desde su inicio, la mina suscitó una oposición sin precedentes de ONG y grupos contrarios a la minería, debido a la alteración que las operaciones producían en la cuenca alta de captación de un afluente del río Clarence. Entre 1998 y 2001, se interpusieron varias demandas judiciales contra la empresa en los tribunales de Nueva Gales del Sur.

La planificación del cierre de la mina comenzó a finales de 2000, cuando Delta Gold (el operador minero) decidió iniciar un proceso de colaboración con un amplio conjunto de grupos de interés con relación a la rehabilitación de la mina, con mediación independiente y que incluyó a opositores al proyecto.

En 2001, se celebraron dos reuniones en el emplazamiento, donde los grupos de interés expresaron su indignación ante las experiencias del pasado en Timbarra, así como la opinión de que habían sido degradados lugares de alto valor medioambiental y cultural. También existía una honda inquietud por la percepción de deficiencias en los estudios científicos anteriores, así como en el proceso de autorizaciones.

Para contrarrestar la expectativa de que la empresa dominaría las reuniones, se invitó como mediador a un opositor al desarrollo y portavoz del Centro de Información de Lismore Rainforest. El proceso de identificación de los grupos de interés y la consulta inicial culminó en la creación del Timbarra Closure Focus Group (TCFG, grupo de debate sobre el cierre de Timbarra), cuyo objetivo era promover y comunicar las expectativas de rehabilitación y los procesos deseados para el cierre de la mina. El TCFG incluyó a representantes de autoridades gubernamentales, ONG, propietarios de tierras, comunidades aborígenes, otros grupos interesados y a la empresa. Se invitó a la CSIRO a que proporcionara un arbitraje especializado e independiente de las propuestas para la rehabilitación del yacimiento, y a escuchar las inquietudes de los grupos de interés.

El TCFG planteó varias cuestiones técnicas que exigían una resolución para que pudieran ser abordadas e incluidas en el plan de cierre. Para respaldar el plan de cierre, se iniciaron estudios que incluyeron:

- el diseño de una cuenca de tierra cubierta por plantas ciperáceas para reducir la concentración de nitratos (lo cual suponía una amenaza para las ranas) en el drenaje procedente de las plataformas de lixiviación en pila remodeladas
- la recreación del hábitat de especies animales raras y amenazadas
- la instalación de cajas-nido para murciélagos y aves para potenciar el hábitat.

Los hallazgos de estos estudios se utilizaron para planificar las ideas iniciales sobre la rehabilitación, incluidos los objetivos propuestos acerca de la configuración topográfica y la revegetación. Durante 2002, el TCFG realizó un análisis crítico de estas ideas. Antes del texto definitivo, se entregó un borrador del plan de cierre de la mina a todos los miembros del TCFG, y se mostró públicamente. Las propuestas públicas se analizaron y negociaron, y se elaboró un apéndice al plan, que posteriormente fue aprobado por el Ministro de Recursos Minerales de Nueva Gales del Sur en noviembre de 2002. El plan se tomó como modelo para las obras de rehabilitación del yacimiento, que fueron terminadas en septiembre de 2003 con un coste de 2,6 millones de dólares.

El proceso de consulta de 2001 dio lugar a la reconciliación entre los diferentes grupos en conflicto. El nuevo propietario de la mina jugó un papel decisivo, ya que tenía un enfoque diferente acerca de las relaciones con la comunidad. El TCFG consiguió resolver una situación de conflicto y colaborar para lograr un cierre adecuado de la mina. Las lecciones fueron claras:

- Las opiniones de la comunidad y otros grupos de interés son esenciales en la planificación del cierre de una mina, y deben aplicarse mediante procesos formales, como grupos comunitarios de debate sobre el cierre.
- Es importante escuchar las opiniones de los protagonistas y tratar cada cuestión.
- En muchos casos, el aporte de los grupos ecologistas puede dar lugar a minas mejor gestionadas que supongan un menor riesgo para el medioambiente.
- El conocimiento colectivo puede ayudar a solucionar o abordar cuestiones de inquietud común.
- La conveniencia de un mediador.
- La participación e iniciativa en la resolución de conflictos, en lugar de evitarlos.



*Cuenca del humedal rehabilitada, Mina de oro de Timbarra.*

Barrick Gold adquirió la mina en 2006 y continuó con el plan de rehabilitación y cierre. Barrick cesó con éxito su actividad en Timbarra en 2013, tras demostrar la empresa que la mina satisfacía todos los requisitos para el cese de la concesión minera.

Fuente: Manual de *Cierre y terminación de minas* (2006).

### 5.3 Evaluación del riesgo residual

Idealmente, el plan de cierre reduce los riesgos del cierre hasta niveles aceptables. Sin embargo, siempre existirán riesgos residuales o incertidumbres que requieran una evaluación y manejo más profundos, incluidos el éxito o fracaso de la opción elegida, la previsión de costes y el riesgo de que puedan ocurrir eventos tales como un terremoto, un ciclón o precipitaciones inusualmente altas. Para controlar los riesgos pueden haberse establecido, por ejemplo, un determinado proceso para el tratamiento del agua o un diseño concreto de los depósitos de residuos.

Una vez se tenga el control (el plan de cierre), seguirá existiendo un riesgo residual de que el sistema de tratamiento de agua tal como fue planeado pueda fallar, requiriéndose medidas adicionales. El fallo puede deberse a cambios químicos, daños causados por un terremoto o un cambio normativo que establezca un límite de emisiones más estricto. Aún en casos de poca gravedad y riesgo residual improbable, el análisis debe partir desde una perspectiva de gestión del riesgo a largo plazo. Un plan de cierre basado en el riesgo identifica y evalúa el riesgo residual, y los resultados se incluyen en la metodología de cálculo de costes.

Tras evaluar completamente los riesgos y oportunidades de cierre, puede desarrollarse un plan de cierre (para lograr los objetivos de cierre fijados) a fin de controlar los riesgos en niveles aceptables y maximizar las oportunidades estratégicas.

### 5.4 Elaboración de los objetivos de cierre y criterios de finalización

Los objetivos de cierre deben establecer los objetivos a largo plazo sobre los resultados del cierre. Esos objetivos deberán basarse en el uso propuesto de la tierra tras la explotación minera y ser tan específicos como sea posible para proporcionar información clara, tanto al gobierno como a la comunidad, acerca de lo que se compromete a lograr la empresa en el momento del cierre.

Los objetivos de cierre pueden ser estructurados de varios modos. Algunas minas o empresas recomiendan objetivos de alto nivel para todo el plan de cierre, además de objetivos y criterios de finalización mucho más detallados para las áreas rehabilitadas. La estructura seleccionada para los objetivos de cierre debe adaptarse a los principales riesgos relacionados con el cierre de la mina.

La actividad minera solo representa un uso temporal de la tierra, y debe definirse un objetivo claro de rehabilitación coherente con el uso de la tierra proyectado a futuro. La mayoría de los organismos reguladores australianos tienen cuatro objetivos de rehabilitación generales:

- seguro para las personas, el ganado y la fauna
- no contaminante
- estable
- capaz de mantener el uso acordado de la tierra tras la explotación minera.

Estos deben ser vistos como objetivos mínimos y, para cada uso definido de la tierra, deben desarrollarse objetivos de rehabilitación más acordes a la mina.

Los Gobiernos también desean una rehabilitación exitosa para asegurarse de que no van a heredar una obligación permanente y que la responsabilidad no sea transferida a propietarios particulares o al siguiente usuario de la tierra, en el caso de tierras públicas. Lo ideal es que los criterios de finalización sean redactados en la fase de planificación de la mina, en consulta con los principales grupos de interés, y entonces revisarlos regularmente mientras se lleva a cabo la investigación, supervisión y rehabilitación progresiva. La capacidad para detallar los criterios de finalización depende de la cantidad y calidad de los datos medioambientales recopilados en ese momento.

Los criterios de finalización pueden definirse como objetivos de eficacia en la rehabilitación. Representan hitos en los procesos biofísicos de rehabilitación que aportan un alto grado de confianza en que los yacimientos mineros rehabilitados finalmente alcancen el estado sostenible deseado (el objetivo de rehabilitación). Los criterios de finalización indican el éxito de la rehabilitación y capacitan al operador para determinar cuándo termina su responsabilidad en la zona.

El primer paso en la elaboración de los criterios de finalización es definir las líneas directrices que permitan desarrollar criterios más acordes a la mina. Los principios para el desarrollo de los criterios de finalización deben:

- ser específicos, cuantificables, alcanzables, realistas y oportunos (SMART)
- estar basados en resultados y vinculados al uso final de la tierra
- ser flexibles para adaptarse a circunstancias cambiantes
- evolucionar con el avance de la vida de la mina
- incluir indicadores ambientales adecuados para demostrar que la rehabilitación está avanzando positivamente
- pasar revisiones periódicas
- incluir un método de medición que detalle cómo se habrá cumplido el criterio.

Los criterios de finalización han de ser específicos con respecto al contexto (social, ambiental y económicamente específicos así como acordes a la mina). Por ejemplo, criterios elaborados para cumplir con el objetivo de rehabilitar una superficie, los cuales se desarrollan con conocimiento de las características de los residuos y seleccionando análogos apropiados según los tipos de suelo.

Los criterios de medición evolucionan con el avance de la vida de la mina. Inicialmente son cualitativos, pero se convierten en cuantitativos a través de un proceso de aprendizaje adaptativo tras la investigación orientada y el análisis de datos. La empresa debe demostrar que su temprana y progresiva rehabilitación es satisfactoria y sólida, y que sabe lo que se puede lograr. Es esencial que la supervisión de los criterios pueda verificar la consecución de los objetivos de cierre.

El segundo paso es definir las categorías temporales bajo las que debe evaluarse cada criterio de finalización. Un ejemplo de categorías temporales definidas podría ser:

- desarrollo y minería
- planificación y trabajos de movimiento de tierras
- asentamiento de vegetación ( de 0 a 2 años de rehabilitación)
- supervisión y cierre (>2 años de rehabilitación).

Si bien es importante cumplir los requerimientos de la administración estatal, la cual aprobará en última instancia las zonas rehabilitadas conforme a los criterios de finalización, deben considerarse otros grupos de interés en la elaboración de criterios de finalización para la rehabilitación acordes al lugar (p. ej.: propietarios adyacentes, gobierno local y ONG). Identificar a los grupos de interés pertinentes y conseguir su aprobación sobre los criterios de finalización para la rehabilitación acordes a la mina son pasos cruciales en la planificación del cierre.

La rehabilitación puede considerarse exitosa cuando el emplazamiento puede ser gestionado, con arreglo al uso designado tras la explotación minera, sin mayores aportaciones administrativas que otros terrenos de la zona que estén siendo utilizados para un propósito similar.

## 5.5 Definición de un régimen de control e indicadores de rendimiento

El análisis del éxito o fracaso de la rehabilitación minera, el cierre y la finalización es esencial para que las prácticas líderes se definan y demuestren correctamente. Sin un análisis independiente y riguroso, se repiten los mismos errores una y otra vez, pero los conocimientos documentados sobre éxitos y fracasos (quizás en publicaciones arbitradas) evitan que nuevas generaciones de personal minero tengan que volver a aprender lo que ya es sabido.

Para evaluar el rendimiento tanto histórico como en tiempo real, deben establecerse programas de control que continúen tras la rehabilitación. Pueden implementarse durante todas las fases de la operación, pero son de gran importancia cuando se planea una modificación sustancial del proyecto o en un punto clave del plan de producción operativa (p. ej.: una fecha de inicio retrasada; un incremento o reducción de la producción; la interrupción de las operaciones), ya que aportan pruebas de que la rehabilitación eficaz y progresiva así como las actividades de cierre siguen progresando en orden.

Los programas de control habituales que respaldan el programa de cierre de una mina incluyen:

- el control de referencia durante la temprana vida de la mina para definir los valores que es necesario proteger o restablecer, incluida la identificación o establecimiento de las áreas de referencia no explotadas durante la cartografía y prospección previas a la minería
- la comprensión, control y registro de todos los impactos potenciales durante la fase operativa
- la documentación de las operaciones de rehabilitación para confirmar que los procedimientos acordados se hayan implementado así como para, posteriormente, ayudar a interpretar los resultados del control de la rehabilitación
- la evaluación de los primeros datos de control procedentes de la investigación y pruebas de campo implementadas durante la rehabilitación progresiva, para determinar las mejores técnicas, identificar problemas y desarrollar soluciones.

La supervisión durante el primer año de rehabilitación evalúa el éxito inicial del asentamiento. Esto lleva a la supervisión a largo plazo, que continúa hasta el periodo posterior al cierre (normalmente usando las mismas técnicas iniciales durante algunos años después de la rehabilitación), a fin de evaluar el desarrollo con vistas a la consecución de los objetivos de cierre y los criterios de finalización, y para determinar si el ecosistema rehabilitado puede ser sostenible a largo plazo.

En caso de que se requiera supervisión posterior al cese, se debe tomar en consideración quién será el responsable, el alcance de la supervisión y la demanda de información de los grupos de interés. La responsabilidad de la supervisión del cese posterior al arrendamiento debe determinarse como parte del plan de cierre de la mina.

El programa de supervisión debe incluir los aspectos prácticos de esta, del coste y la seguridad, y basarse en lo posible en métodos probados y aceptados ampliamente. Un buen programa buscará involucrar a la comunidad local, incluidas las comunidades indígenas. Este enfoque provee empleo y se nutre del conocimiento local en temas tales como medio ambiente, biodiversidad y cuestiones culturales.

El programa de supervisión debe ser planificado y documentado de forma que el ajuste del programa cuando ocurran cambios en la operación sea una cuestión sencilla. Un aspecto clave es la medición de variables e indicadores de rendimiento que identifiquen posibles modificaciones en los procesos. Para asegurar que el programa continúa siendo adecuado a su finalidad y posibilita la medición de impactos, se debe realizar un análisis preciso y a intervalos oportunos de los datos recogidos por un programa de supervisión.

## 5.6 Investigación y pruebas

En muchos casos, mientras el plan de cierre de la mina está siendo desarrollado, puede que no haya información suficiente para desplegar una metodología clara que se pueda aplicar para alcanzar los propósitos del cierre. La industria ha realizado muchos experimentos y pruebas mal diseñados así como escasamente financiados, los cuales han dado como resultado que se retroalimente poca información al acervo global de conocimientos sobre cierre de minas, mientras que la investigación y las pruebas de calidad pueden aportar a las empresas múltiples y valiosos beneficios netos.

Para generar resultados de investigación de alta calidad, durante la fase de planificación, se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Determinar si las investigaciones deben llevarse a cabo mediante experimentos o pruebas.
- Evaluar detenidamente el propósito y el problema a investigar: entender las hipótesis nulas, fronteras y límites del proyecto; evitar introducir demasiadas variables; y repetir apropiadamente.
- Entender con claridad el «valor» potencial que se obtiene del proyecto.
- Cuantificar y evaluar la magnitud del perjuicio económico si el proyecto falla debido a un mal diseño, una inversión escasa o un proceso deficiente.
- Decidir si el trabajo deberá ser «altamente defendible», publicable o nada de lo anterior.
- Considerar cómo deben contrastarse estadísticamente las hipótesis o cómo debe evaluarse el proyecto.
- Planificar convenientemente y proporcionar recursos, científicos, finanzas e información adecuados, así como márgenes de tiempo realistas.

Ejemplos de gaps de conocimiento específicos de un emplazamiento que pueden requerir investigación:

- el desarrollo y/o mejora de inventarios de suelos y materiales de desecho (detallando la cantidad y características de los materiales)
- diseños de depósitos de residuos (sujetos a cambio a lo largo de la vida de la mina)
- diseños de cubiertas para TSF y depósitos de residuos (pruebas y evaluación)
- parámetros del talud artificial para depósitos de residuos (configuraciones y materiales superficiales del talud)
- ecología y pruebas de control de malas hierbas
- investigación de especies recalcitrantes
- análisis sobre el terreno de la meteorización geoquímica
- gestión de aguas superficiales y estudios sobre erosión
- pruebas de revegetación en las áreas alteradas, depósitos de residuos e instalaciones de relaves
- reconstrucción de hábitats para la fauna, la flora y paisajísticos (p. ej., desvío de ríos y corrientes).

Bajo estas circunstancias, a menudo se necesita experiencia especializada para desarrollar una evaluación conveniente o un programa de investigación que aborden los gaps de conocimiento y permitan alcanzar los objetivos de cierre a largo plazo. Las pruebas de investigación de campo, establecidas para evaluar varias opciones en condiciones sobre el terreno, son en muchos casos la mejor manera de identificar los protocolos más apropiados para la rehabilitación y el cierre de la mina. La información obtenida en la investigación de campo frecuentemente puede usarse para aumentar la ya existente o consolidar los resultados de los modelos.

En muchos casos, las condiciones climáticas influyen fuertemente sobre los resultados de la investigación, en especial sobre las investigaciones de campo. Las pruebas de campo deben ser evaluadas durante un período adecuado al ambiente de la mina a fin de recoger información bajo diversas condiciones climáticas. Los años de fuertes precipitaciones, o más secos que el promedio, posibilitan análisis más precisos de los parámetros diseñados para la investigación.

Lograr resultados aceptables puede llevar varios años de establecimiento, supervisión y modificación de los programas de investigación. Es crucial que las investigaciones necesarias se determinen mucho antes del cierre de la mina para que el conocimiento adquirido pueda ser incorporado al diseño de rehabilitación definitivo y al plan de cierre de la mina.

## **Caso práctico: Relaciones con la comunidad y cierre de una mina en Indonesia**

En 2001 se formó una asociación entre la compañía Kelian Equatorial Mining (KEM), la comunidad de Kutai occidental y el Gobierno de Indonesia para negociar y acordar todos los aspectos relativos al desmantelamiento y cese de la mina de oro Kelian. Esta asociación se creó durante un período de malestar social en un país que estaba sufriendo enormes cambios políticos y sociales, sin legislación que orientara el proceso. Los resultados de la asociación no solo pusieron de manifiesto en el mundo las mejores prácticas en cierres de minas, sino que orientaron la elaboración de una legislación de cierre en Indonesia.

### **Antecedentes**

KEM era una mina de oro de tamaño medio que producía aproximadamente 400.000 onzas al año y que operó durante 13 años, desde 1992 hasta 2005. Antes de iniciar su construcción, unos 2.000 miembros de la comunidad local, en su mayoría mineros de aluvión, fueron reubicados (algunos forzosamente) en una población vecina llamada Tutung. Durante su pico de producción, la mina dio empleo a unos 2.500 trabajadores y contratistas, incluido un 5 % de mano de obra expatriada, principalmente de Australia. Las alternativas de uso del terreno tras la actividad minera, así como las permanentes tareas de mantenimiento y disposiciones de gobierno, se determinaron a través de un proceso de consulta que incluyó al gobierno, la comunidad y representantes de la explotación minera, bajo la dirección de un comité directivo de cierre y cuatro grupos de trabajo, durante un período de tres años.

Antes de iniciar las discusiones técnicas, se negoció y acordó un acta detallada que establecía las funciones y responsabilidades de los miembros del comité. Asimismo, incluía mecanismos a fin de lograr acuerdos y resolver conflictos.

### **Resultados del cierre**

El factor clave en la elección de las opciones para el uso posterior a la actividad minera de los terrenos correspondientes a la única mina, las zonas de eliminación de residuos de roca ácida y las presas de relaves fue la minimización de los continuos impactos causados por los vertidos de roca ácida, en particular de manganeso, sobre las cuencas de captación de agua de los alrededores. Un humedal artificial de 20 hectáreas aporta un sistema de tratamiento pasivo de los vertidos de la mina y permite que los niveles de manganeso cumplan con los estándares establecidos de vertido (2 mg/L) y calidad del agua ambiental (0,5 mg/L) en los puntos de vertido y en el río Kelian, respectivamente.

Las zonas que no pudieron rehabilitarse con árboles (un total de 829 ha) se han compensado mediante la rehabilitación de otras zonas de dimensión equivalente. En otras zonas alteradas (376 ha), las cuales no contenían materiales potencialmente generadores de ácido y podían rehabilitarse, se plantaron especies autóctonas de árboles, arbustos y vides, con un 10 % de árboles frutales nativos. Estas zonas de rehabilitación permiten una variedad de actividades autorizadas por la legislación de protección forestal, entre las que se incluyen:

- la recolección de productos no madereros, tales como fruta, miel, bambú y ratán
- actividades educativas, como visitas de investigación y de campo
- acuicultura y pesca
- el ecoturismo (p. ej.: observación de aves, senderismo o natación).

Mientras la mina operaba, se estableció un centro de capacitación para agricultores en una población situada a unos 30 minutos del yacimiento minero. Este centro proporcionaba soporte técnico externo, alojamiento y formación para agricultores y empleados locales que quisieran mejorar sus conocimientos y prácticas agrícolas. Tras el cierre de la mina, el centro se convirtió en una escuela secundaria de agricultura con régimen de internado que, en la actualidad, forma a más de 100 estudiantes procedentes de las poblaciones vecinas, quienes siguen un curso superior con reconocimiento nacional de tres años de duración.

Se estableció un fondo fiduciario de dotación de 13,4 millones de USD en una cuenta extraterritorial de Singapur, que genera unos 600.000 USD al año. Este fondo se utiliza para financiar la supervisión continua y el mantenimiento de las construcciones permanentes asociadas a la minería en áreas bajo protección forestal, y también para proveer un permanente apoyo administrativo y de mantenimiento a la escuela de agricultura. Se prevé que estos fondos operen a perpetuidad, conforme a los acuerdos y disposiciones de gobierno negociados por el comité directivo de cierre de la mina.



*Rehabilitación de los vertederos de desechos de la mina de oro Kelian.*

Fuente: DRET (2011).

## 5.7 Revisión de estrategias y planes de cierre

A lo largo de la vida de la mina, las estrategias y planes de cierre necesitan revisiones regulares para asegurar que son idóneos, que abordan los principales asuntos principales del cierre, y que se mantienen conformes a las expectativas de la comunidad así como a los requisitos legales. Para garantizar unos resultados óptimos, es crucial la participación de la comunidad y otros grupos de interés durante toda la planificación del cierre de la mina. Las revisiones se presentan como oportunidades ideales para interactuar con los grupos de interés.

El plan de cierre es un documento de referencia clave, ya que muestra a contables y auditores cuál es la filosofía y estrategia que debería llevarse a cabo si la mina cerrase. La complejidad y madurez del emplazamiento quedarían reflejadas en el nivel de detalle.

Debido a que cada proyecto minero y comunidad son diferentes, es necesaria la investigación para abordar los gaps de conocimiento y desarrollar soluciones innovadoras a los problemas. La información obtenida mediante la investigación ligada a las prácticas líderes en principios de supervisión es un elemento clave en el ciclo de mejora continua, junto con el *feedback* procedente de la supervisión y las pruebas.

Las auditorías se usan para evaluar el cumplimiento de los requisitos legales, los estándares de la compañía u otros sistemas o procedimientos adoptados. Esto ayuda a la industria a demostrar sus resultados a los grupos de interés, al tiempo que fomenta una continua mejora.

Cada revisión supone una oportunidad para cotejar la información sobre el proyecto, actualizar la base de conocimientos, aplicar la mejora de conocimientos y recoger cualquier cambio que haya ocurrido desde la revisión anterior. También es una oportunidad para verificar el contenido y los resultados del plan de cierre, incluyendo:

- riesgos del cierre: comprobar que los riesgos del cierre hayan sido correctamente identificados y priorizados
- resultados del cierre
  - minimizar la probabilidad de consecuencias negativas
  - maximizar los efectos beneficiosos
  - minimizar la probabilidad de que los objetivos de cierre no se puedan lograr
  - maximizar la probabilidad de aprovechar oportunidades de beneficios duraderos
- criterios de finalización: revisar los criterios y que estos pasen, progresivamente, de cualitativos a cuantitativos
- interacción con grupos de interés: oportunidad para reanudarla.

A la hora de tomar decisiones, los responsables de estas, así como los planificadores mineros, deben tener siempre presente el plan de cierre, por lo que este ha de ser preciso y apropiado a fin de mantener la fiabilidad y aceptación. Con objeto de que el plan de cierre refleje el plan actual de la mina, una práctica aconsejable consiste en la revisión trianual durante la fase operativa (esta frecuencia suele reducirse a medida que se acerca el cierre de la mina). También puede que los organismos reguladores insten a que el plan de cierre sea actualizado al solicitar un cambio significativo en la vida de la mina. En conformidad con las fases de la actividad descritas en el apartado 3, es recomendable que la estrategia y plan de cierre sean cotejen, revisen y actualicen en cada una de las siguientes fases de la vida de la mina.

### 5.7.1 Estudios de viabilidad

La conducta del operador durante la fase de viabilidad es crucial en la maximización del valor futuro para los accionistas. Si el operador no puede establecer y mantener la confianza de la comunidad y el Gobierno, es improbable que el recurso alcance su valor potencial. La aplicación de las prácticas líderes y los principios del desarrollo sostenible es la clave para demostrar competencia y generar confianza. Hacerlo de forma errónea puede conducir a:

- un acceso limitado al recurso (menos beneficio potencial)
- retrasos en aprobaciones y licencias (mayores costes)
- la denegación de las aprobaciones.

En ese momento, los datos e información adicionales deben estar disponibles para poder terminar los estudios de viabilidad. Esa información permitirá el desarrollo de una estrategia de cierre y una base de conocimientos, e identificará gaps de conocimiento en cada elemento. Esto dará como resultado la creación de un plan de cierre y la capacidad de tomar decisiones fundamentadas durante el estudio de viabilidad, a fin de asegurar que los impactos a largo plazo sobre los resultados del cierre se comprenden e incorporan.

A medida que la mina avance, el plan de cierre desarrollado durante la fase de viabilidad debe permanecer como un «documento vivo», e incluir revisiones regulares y actualizaciones basadas en las nuevas tecnologías, las aportaciones de los grupos de interés, las condiciones cambiantes de la mina, y las expectativas de la comunidad.

## 5.7.2 Planificación y diseño del proyecto

La información recogida para redactar la evaluación de impacto ambiental permitirá la revisión de las evaluaciones de riesgos del cierre previas y facilitará el desarrollo de los objetivos de cierre, criterios de finalización, indicadores de rendimiento y responsabilidades. La fase de planificación y desarrollo del proyecto supone un momento crucial, durante el cual suceden cambios rápidos que pueden afectar potencialmente a todo el proyecto.

## 5.7.3 Construcción y puesta en marcha del proyecto

La construcción del proyecto es una fase dinámica, pues se producen constantes cambios y variaciones en el diseño que permiten el avance de la construcción. Durante la finalización de la construcción y la puesta en marcha, el plan de cierre se debe revisar para recoger cualquier cambio que haya ocurrido e indicar cómo afecta a los resultados del cierre.

Para que resulte efectiva, dicha revisión debe estar conformada por datos e información representativos y precisos. Normalmente, en esta fase una revisión:

- confirma que los materiales han sido colocados correctamente
- verifica que los vertidos y el drenaje están siendo gestionados y que no contribuirán a la contaminación
- confirma que los procesos y los materiales utilizados están funcionando conforme a lo esperado y planeado
- verifica que las estructuras están colocadas y construidas tal como fueron planeadas
- confirma que la capa superior del suelo, los medios de crecimiento y los materiales para obras de cierre están reservados y protegidos de incidencias o uso involuntario, son accesibles, y son adecuados para lograr los requisitos de cierre.

## 5.7.4 Operaciones

Para asegurar que los estándares y resultados operativos se hayan alcanzado y que el cierre no se verá comprometido, todos los aspectos de la actividad de producción que afecten a dicho cierre deben ser controlados. Los efectos operativos, tecnológicos y económicos suscitan cambios en una mina, hacen de ella un entorno muy dinámico y en constante cambio.

Cualquier modificación sustancial en el plan de operación de la mina o en los procesos operativos, incluidas las ampliaciones (reducción de minas, nuevas minas a cielo abierto, depósitos de roca estéril o TSF), debe dar lugar a una revisión del plan de cierre y de la evaluación de riesgos. Las revisiones regulares de la base de conocimientos, los gaps de conocimiento y el riesgo relacionado con cada elemento posibilitan una gestión eficaz de la planificación del cierre, de forma que, durante la vida de la mina, se tengan totalmente en cuenta las responsabilidades asociadas a cambios en el estado o en las condiciones. A medida que la rehabilitación progresiva se lleva a cabo, estas responsabilidades se van reduciendo. De este modo, al tener en cuenta las responsabilidades, hay más posibilidades de mitigarlas simultáneamente y de forma rentable durante las operaciones, que cuando el recurso se ha agotado o durante un cierre no planificado.

Con cada revisión del plan, se debe realizar un análisis de los riesgos subyacentes del negocio y su cierre, con objeto de confirmar que los controles de riesgos sigan siendo apropiados y que la exposición al riesgo no haya cambiado sustancialmente. Esto puede hacerse usando el enfoque basado en los riesgos descritos en el apartado 2.6.

La recogida de información apropiada y precisa mediante los programas de control es crucial para evaluar o identificar riesgos emergentes para la evaluación de los impactos sobre los resultados del cierre, y para las posibles actualizaciones de los objetivos relativos al cierre y los criterios de finalización.

## 5.7.5 Planificación del periodo previo al cierre

En la vida de la mina, llega cierto momento en que la exploración no puede determinar un cálculo de más reservas viables, y la dirección de la mina puede fijar una fecha probable para su cierre. Es durante esa fase cuando el plan de cierre deviene en un plan de desmantelamiento. Se implementan todos los aspectos parcialmente avanzados del plan de cierre, incluidos los planes para superficies específicos; planes de mantenimiento, demolición o retirada de infraestructuras; rehabilitación; seguridad y obligaciones sociales; liberación de personal y conservación de personas clave; consulta con los grupos de interés; presentación de informes y registro; y definición final de la fase de gestión posterior al cierre. El desarrollo de un plan de desmantelamiento se trata con detalle en el apartado 7.

### **Caso práctico: Iluka Resources reconvierte una antigua mina de arenas minerales en tierras agrícolas productivas y vías navegables transitorias**

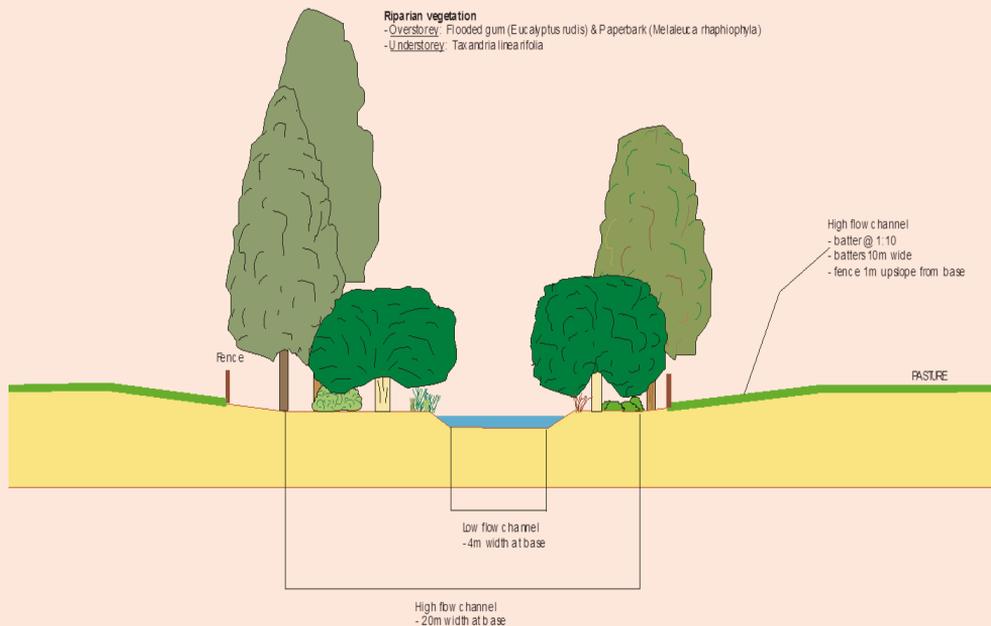
Entre 2004 y 2009, Iluka Resources Ltd explotó el depósito de arenas minerales de Yoganup, cerca de Capel en el suroeste de Australia Occidental. Durante la vida útil de Yoganup, la compañía extrajo 12,9 millones de toneladas de mineral y produjo 1,9 millones de toneladas de concentrado de minerales densos de la mina, que previamente había sido tierra productiva de ganadería lechera. La mina contaba además con dos cursos de agua principales: el arroyo Tiger y el río Ludlow. Antes de que comenzara la explotación, los cauces habían sufrido modificaciones, como el corte de meandros y la profundización de cauces, lo que había causado problemas de erosión. Aunque había algo de vegetación marginal antes de que Iluka empezara a explotar la zona, la mayoría de ella había sufrido un intenso deterioro.



*Río Ludlow antes de la actividad minera, mostrando la deteriorada vegetación y la profundización del canal.*

Como parte de su plan minero, Iluka desarrolló un sistema de gestión de drenaje de superficie para permitir una explotación progresiva de Yoganup y la reconstrucción de las dos vías navegables.

Para garantizar las mejores prácticas en sus operaciones, Iluka consultó a 15 terratenientes, a 10 vecinos y al gobierno local y estatal. También se puso en contacto con grupos medioambientales y de intereses locales para pedirles consejo. Las conversaciones con estos grupos de interés dieron como resultado un plan consensuado de reconversión del suelo y métodos de manejo de pilas de acopio. De este modo se estableció un plan de uso agrícola que suscribieron los terratenientes.



### **Riparian Vegetation**

#### Trees

Paperbark (*Melaleuca raphiophylla*)

Marri (*Corymbia calophylla*)

Flooded gum (*Eucalyptus rudis*)

Swamp sheoak (*Casuarina obesa*)

#### Shrubs:

Swamp peppermint (*Taxandria linearifolia*)

Peppermint (*Agonis flexuosa*)

Teatree (*Astartea fascicularis*)

Wirry wattle (*Acacia extensa*)

Prickly Moses (*Acacia pulchella*)

Swishbush (*Viminaria juncea*)

White myrtle (*Hypocalymma angustifolium*)

#### Sedges:

Pale rush (*Juncus pallidus*)

Jointleaf rush (*Juncus holoschoenus*)

Finger rush (*Juncus subsecundus*)

Knotted club rush (*Ficinia nodosa*)

Nodding club rush (*Isolepis cernua*)

Broad twig rush (*Baumea preissii*)

River twig rush (*Baumea riparia*)

Pithy sword sedge (*Lepidosperma longitudinale*)

Sección transversal del trabajo de diseño detallado realizado para mejorar las características de flujo del río para un mayor valor ecológico, y la lista de especies autóctonas utilizada en el proyecto.

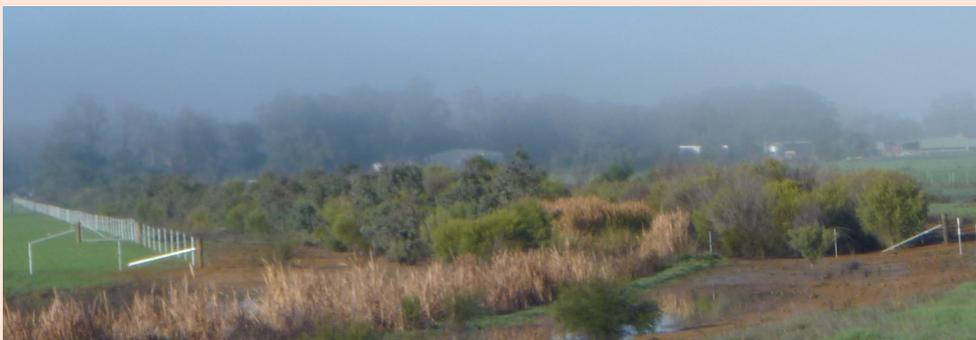
Fuente: Iluka Resources (2015).

Los cauces reconstruidos fueron diseñados para aumentar la riqueza de especies en la zona y se vallaron al ganado, a diferencia de la situación previa a la explotación minera.



*Arroyo reconstruido estabilizado, mostrando la rehabilitación del cauce alrededor de 2008.*

Además de la reconstrucción de las vías navegables, Iluka ejecutó un programa de plantación de vegetación en cinturones verdes ribereños y agrícolas centrado en especies capaces de generar hábitats adecuados para aves y fauna acuática. Las actividades de rehabilitación de la compañía han dado lugar a la reconversión del suelo en tierra altamente productiva para la ganadería lechera. Un granjero ha convertido 70 hectáreas de la tierra previamente explotada en un sistema de riego por pivote central para su cabaña lechera.



*Arroyo reconstruido estabilizado, mostrando la rehabilitación del cauce alrededor de 2014.*

# 6.0 GARANTÍA FINANCIERA, REALIZACIÓN DE PROVISIONES Y RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

## ASPECTOS CLAVE

- El reconocimiento temprano de los costes de cierre promueve estrategias mejoradas en las operaciones para planificar estrategias de mitigación adicionales, así como prever las actividades de cierre y rehabilitación progresivas.
- Los procesos para la estimación de los costes de cierre reducen la potencial responsabilidad ambiental, pues aseguran que las decisiones presentes sobre inversión, desarrollo y operaciones se tomen con pleno reconocimiento de los posibles impactos financieros del futuro cierre.
- Según los principios del desarrollo sostenible, durante la vida de la mina las empresas deben reflejar la planificación del cierre y las estimaciones de los costes asociados en la información financiera para fines de provisión, de información periódica sobre fianza ambiental, y de planificación y elaboración presupuestaria de la vida de la mina a largo plazo.
- Para fines de planificación de activos o de la vida de la mina, las organizaciones elaboran una estimación de los costes del cierre, la cual se utilizará en la valoración de activos, la planificación de negocio y la elaboración presupuestaria.
- El reconocimiento de los costes de rehabilitación y cierre promueve estrategias mejoradas en las operaciones para planificar estrategias de mitigación adicionales, así como prever las actividades de cierre y recuperación progresivas.
- El uso de los principios de gestión de riesgos en la evaluación de opciones y costes es una manera sensata de justificar las opciones de gestión y seleccionar las más sostenibles, con objeto de reducir las responsabilidades ambientales a largo plazo.

En el pasado, la planificación, el cálculo de costes y la implementación del cierre distaban de ser adecuados en toda la industria minera. Muchas explotaciones mineras fueron abandonadas por sus dueños, y los legados mineros resultantes se dejaron a los organismos reguladores y a la comunidad para su gestión y saneamiento. El bajo rendimiento por parte de la industria es motivo para que ONG y otros grupos de la comunidad presionen a los gobiernos con objeto de que impongan compromisos significativos de rehabilitación final a las empresas mineras, antes y durante el desarrollo y operación de los proyectos mineros.

El reconocimiento temprano de los costes de cierre promueve estrategias mejoradas en las operaciones para planificar estrategias de mitigación adicionales, así como prever las actividades de cierre y recuperación progresivas. La planificación del cierre y la consideración de sus costes a lo largo de la vida de la mina puede crear valor para los accionistas si, durante las operaciones, es posible reducir o eliminar la responsabilidad a largo plazo del cierre.

Este apartado detalla tres procedimientos que pueden utilizarse para estimar los costes de cierre. Estos procedimientos reducen las posibles responsabilidades ambientales, pues aseguran que las decisiones presentes sobre inversión, desarrollo y operaciones se toman con pleno reconocimiento de los posibles impactos financieros del futuro cierre.

## 6.1 Garantía y provisión financieras

La experiencia en la industria ha demostrado que la estimación de los costes de cierre varía durante la vida de la mina y que, generalmente, aumenta significativamente a medida que la explotación evoluciona hacia su madurez y, finalmente, hasta su cierre. Esto se debe, principalmente, al aumento de la huella de impacto y el tamaño de la mina, y porque, a menudo, las actividades que serán necesarias en el momento del cierre no se hacen evidentes durante las operaciones habituales; por lo tanto, no se incluyen en la estimación de costes del cierre. Esto puede ser debido a una falta de experiencia en cierres entre el personal operativo, así como a gaps de conocimiento en planificación, investigación e información de referencia.

En los últimos tiempos, como la industria se ha centrado en la conservación de su licencia social para operar, se ha producido una mejora significativa de la planificación del cierre y de la eficacia de la implementación. Dicha mejora ha sido firmemente respaldada por la creación del Marco y Principios para el Desarrollo Sostenible del ICCM (Sustainable Development Framework and Principles, ICMM 2003) y el Marco del Valor Perdurable para el Desarrollo Sostenible del MCA (Enduring Value Framework for Sustainable Development, MCA 2004). Además, las obligaciones de información financiera bajo las Normas Internacionales de Información Financiera (NIIF) han llevado a una mejor comprensión y mejora de la eficacia en el cierre por parte de la industria.

Bajo los principios del desarrollo sostenible, durante la vida de la mina las empresas deben tener en cuenta la planificación del cierre y las estimaciones de los costes asociados de tres modos, según su finalidad: en la información financiera para fines de provisión, en los informes periódicos sobre fianza ambiental, y en la planificación y elaboración presupuestaria de la vida de la mina a largo plazo.

### 6.1.1 Provisiones financieras

En el ámbito de la industria, la obligación contable de efectuar provisiones financieras para el cierre de minas es, por lo general, conforme con la declaración pública de cumplir los requisitos contables y de información marcados por las NIIF.

Por lo general se basa, como mínimo, en una responsabilidad o cumplimiento legal, y representa una estimación del valor actual neto (VAN) de los costes de cierre y rehabilitación relativos a la actual huella de alteración «sobre el terreno» y al desmantelamiento de la infraestructura de la mina en los momentos de elaborar informes (normalmente de forma anual) a lo largo de la vida de la mina restante.

Las estimaciones de pasivos contables por provisiones financieras son necesarias para cumplir legalmente con las normas prescritas por los principios contables generalmente aceptados o bien por la autoridad declarante del país donde opera la empresa, o bien según el listado de requisitos de información de la Comisión del Mercado de Valores del país correspondiente (o ambos). La estimación se presenta ante la Comisión pertinente como parte del informe financiero anual de la compañía y en partidas individuales, incluidas: «Otros pasivos corrientes»; «Responsabilidades ambientales»; «Obligaciones de descontaminación y rehabilitación»; y/o «Obligaciones de retirada de activos». Con ello se pretende representar con exactitud una estimación contable del pasivo «sobre el terreno» a final de año, debidamente actualizada a lo largo de la vida restante de la mina o del activo. Los flujos de caja anuales se usan para calcular el VAN de una sola partida del pasivo, con objeto de proporcionar esa información, mediante el informe anual, a los accionistas actuales y potenciales de la empresa.

La estimación del coste por provisiones financieras es, generalmente, menor que el coste del cierre de la vida de la mina, y el flujo de caja estimado por provisiones se ajusta según el IPC y se actualiza mediante una tasa de descuento antes de impuestos que refleje las valoraciones actuales del mercado con respecto al valor temporal del dinero y los riesgos específicamente asociados al pasivo durante la vida de la mina restante, con objeto de reflejar en el balance financiero el VAN de las provisiones.

## 6.1.2 Garantía financiera requerida por organismos reguladores (fianza ambiental y tasas de rehabilitación)

La garantía financiera implica una comunicación a la autoridad reguladora para que determine la cuantía de un aval bancario, de un seguro de caución o de efectivo exigidos conforme a la responsabilidad legal de un proyecto. Esta generalmente se calcula según las directrices de la autoridad reguladora y, a menudo, se basa en las tarifas de contratistas externos para realizar las labores de cierre relativas a la huella de alteración actual y al desmantelamiento de la infraestructura de la mina. Últimamente, algunos organismos reguladores (en Australia Occidental y el Territorio del Norte) requieren el pago de una tasa basada en el coste estimado de cerrar la mina. Los fondos recaudados con dicha tasa se utilizan para abordar y rehabilitar el legado y los yacimientos mineros abandonados del estado o territorio en cuestión.

La estimación de los costes de garantía financiera es muy similar en cuantía a la estimación de la provisión financiera. El cálculo de este valor a menudo se realiza según los datos sobre costes que posee la autoridad reguladora. Tales costes, excluidos en la estimación de la provisión financiera, se excluyen también en la estimación de la garantía financiera

## 6.1.3 Estimaciones de cierre en la vida de la mina

Para fines de planificación de la vida de la mina (o del activo), las organizaciones suelen desarrollar una estimación de costes de cierre que se utilizará para la valoración de activos, la planificación de negocio y la elaboración presupuestaria. Representa el «mejor pronóstico» estimado de rehabilitación de huellas de alteración y desmantelamiento de la infraestructura al llegar «el final de la mina». Esta huella final es a menudo mucho mayor de lo que se espera, debido al continuo desarrollo de la mina durante su vida. No obstante, frecuentemente se puede reducir de manera significativa durante las operaciones mediante un programa de rehabilitación progresiva bien gestionado.

A medida que la mina se aproxima al cierre, se necesitan conocimientos y detalles técnicos y ambientales considerables para asegurar que todos los riesgos de cierre significativos (así como los costes) hayan sido señalados y abordados, y también que se hayan tomado las decisiones apropiadas para implementar eficazmente el plan de cierre. El principal valor adquirido, y de ahí el modelo empresarial para una planificación del cierre temprana y detallada, procede de incorporar la planificación estratégica del cierre, así como medidas de gestión ambiental, a la planificación operativa de la mina. Esto facilita maximizar la eficiencia en la asignación de los recursos operativos y la gestión de materiales, minimizar las huellas de alteración, y usar las valiosas aguas superficiales y subterráneas de forma ecológicamente eficiente.

El reconocimiento temprano de los costes de cierre promueve estrategias mejoradas en las operaciones para planificar estrategias de mitigación adicionales, así como para prever las actividades de cierre y rehabilitación progresivas. La planificación del cierre crea valor para los accionistas si, durante las operaciones, resulta posible reducir o eliminar la responsabilidad a largo plazo del cierre. Un proceso de planificación del cierre bien establecido asegura que las decisiones presentes sobre inversión, desarrollo y operaciones se tomen con pleno reconocimiento de los posibles impactos financieros del futuro cierre.

Las estimaciones de los costes de cierre son necesarias para diversos fines, tanto internos como externos. Los aspectos clave que se deben tener en cuenta para el desarrollo de las estimaciones sobre provisiones, garantía financiera y planificación de la vida de la mina son:

- la conveniencia de que los riesgos de rehabilitación y cierre, las estrategias y las operaciones se valoren según los modelos, así como los problemas asociados a las diferencias de estrategia entre los compromisos, obligaciones y expectativas de todos los grupos de interés y las políticas y criterios de la empresa minera
- la idoneidad y adecuación de las técnicas de modelización de costes, así como de los procedimientos de garantía financiera y estimación de provisiones de cierre adoptadas por la compañía
- la importancia de las investigaciones, estudios y técnicas de rehabilitación designados, así como del equipamiento necesario para las actividades de rehabilitación previstas

- la adopción de inputs de costes y productividad apropiados para la estrategia de rehabilitación designada, equipamientos y otras actividades de apoyo (incluida el uso de tarifas de contratistas externos)
- el establecimiento de unidades de gestión específica del terreno con características geofísicas y de gestión similares, designadas como dominios o demarcaciones (a esto hay que añadir que existen elementos en las actividades de cierre que no se ciñen a un único dominio, tales como el seguimiento posterior al cierre, la gestión del agua, la gestión de proyectos y la gestión de suelos contaminados)
- la movilización y desmovilización de equipamiento, los márgenes del contratista, los gastos de gestión, la formación, el estudio, y toda la infraestructura y servicios de apoyo.

## Variantes en la forma de calcular las estimaciones de pasivos

**Estimación del coste «de capital» bruto del cierre en la vida de la mina:** se usa principalmente para la planificación interna del cierre y la elaboración presupuestaria de la vida de la mina. Esta estimación incluye alteraciones presentes y futuras, de acuerdo con el plan vigente de la mina. Incluye los pasivos asociados a todas y cada una de las obligaciones jurídicas y no jurídicas, los costes de gestión de proyectos, y los costes de seguimiento y conservación posteriores al cierre. Además, se basa en los precios de contratistas externos.

**Estimación según las NIIF:** solamente incluye el pasivo existente a fecha de presentación del balance de situación (31 de diciembre o 30 de junio). Es la mejor estimación del gasto necesario para cerrar con éxito la mina y rehabilitar la alteración existente, cumpliendo todos los objetivos y criterios de cierre conforme a lo requerido por los objetivos de política, las obligaciones legales y los acuerdos con los grupos de interés. Después, esta estimación del coste se descuenta a lo largo del plan de vida de la mina para llegar al VAN de una provisión que se presentará ante la Comisión del Mercado de Valores en la contabilidad financiera anual de la empresa. Además, debe basarse en los precios de contratistas externos y excluir los gastos incluidos en la estimación de la vida de la mina (valor de rescate de la planta y el equipamiento, costes de eliminación de inventario, costes socioeconómicos y contingencias).

**Estimación de garantía financiera (fianza de cumplimiento):** es necesario presentarla ante el organismo dirigente como parte de los requisitos de la licencia de tenencia minera. La cuantía de la garantía financiera a presentar se calcula de acuerdo con las pertinentes pautas normativas, las cuales por lo general requieren (Slight and Lacy, 2015) que las estimaciones:

- se basen en los trabajos que realizan contratistas externos (en lugar de los propietarios- mineros)
- incluyan los costes de rehabilitación de cada tipo de alteración durante cada año del plan (los organismos reguladores normalmente requieren garantías por el valor máximo de la vida del plan)
- incluyan el coste de una inspección del emplazamiento contaminado que verifique que se han cumplido las condiciones de la licencia
- incluyan los costes de conservación y seguimiento durante un tiempo después del cierre.

Muchas otras actividades y estudios deben llevarse a cabo durante la fase de operaciones de la mina con objeto de obtener el conocimiento, datos e información para conformar y desarrollar el plan de cierre así como la posterior estimación de los costes de cierre de la vida de la mina. Esos costes deben ser excluidos de la vida de la mina, de las estimaciones de costes de cierre por provisiones y garantía financieras y deben ser incluidos en los presupuestos anuales de operaciones. Además, deben tener en cuenta el personal de planificación del cierre y los costes funcionales asociados dentro de la organización (tanto corporativos como *in situ*), así como todos los estudios técnicos, científicos e ingenieriles llevados a cabo para establecer el contexto y los requisitos detallados para el cierre.

Los estudios científicos se deben excluir de cualquier estimación de costes de cierre. Dichos costes deben ser incluidos en los presupuestos operativos para estudios específicos a realizarse a fin de poner a prueba las estrategias de cierre propuestas en las superficies correspondientes, tales como vertederos de roca estéril y TSF. Por ejemplo, los depósitos de residuos o los ensayos sobre cubiertas para relaves se deben considerar como un coste de operaciones, y no ser incluidos en las estimaciones de vida de la mina, de provisiones o de garantía financiera. Estos costes operativos deben ser gestionados como corresponde, ya que pueden optar a beneficios fiscales por investigación y desarrollo.

El objetivo de estos estudios es, en última instancia, demostrar a los organismos reguladores y a otros grupos de interés que las estrategias de cierre seleccionadas para superficies específicas cumplirán los objetivos deseados de cierre y, lo más importante para el propietario de la mina, serán más rentables, proporcionarán oportunidades de innovación en la reducción de costes operativos y minimizarán los costes de mantenimiento y gestión a largo plazo.

Algunos planes de cierre suponen que, en el momento del cierre de la mina, el valor de los activos que requieren desmantelamiento y retirada del emplazamiento minero va a compensar los costes de cierre relativos a dichos activos, cuyo coste se considera nulo y no requieren ser examinados. Sin embargo, las normas de contabilidad obligan a las empresas a elaborar una evaluación de los costes de desmantelamiento totales que no atribuya valor a los activos vendibles, reciclados o desguazados incluidos en la evaluación. Estas normas establecen que un pasivo no puede ser compensado por el valor de un activo. Es conveniente, además, desarrollar planes integrales de gestión del desmantelamiento, que incluyan todos los detalles necesarios para el cierre relativo a todos los activos de infraestructura del emplazamiento.

## **Caso práctico: Herramienta Australiana de Responsabilidad de Rehabilitación**

### **El desarrollo de la Herramienta de Responsabilidad de Rehabilitación de Anglo American**

La Unidad de Negocio de Carbón Metalúrgico de Anglo American (Met Coal) opera minas subterráneas y a cielo abierto en Australia (Queensland y Nueva Gales del Sur) y Canadá (Columbia Británica). Todas las minas australianas están obligadas por ley a llevar a cabo una rehabilitación progresiva, así como a aportar provisiones de garantía financiera adecuadas para rehabilitar «satisfactoriamente» todas las alteraciones relacionadas con la minería.

Todas las operaciones de Met Coal cuentan con planes de cierre de minas de acuerdo con el Conjunto de Herramientas de Cierre de Minas (MCT) del Grupo Anglo American. El MCT proporciona un enfoque estructurado para desarrollar planes de cierre en los que los detalles exigidos se alinean con la vida de la mina restante y se generan planes de acción para cerrar los gaps de conocimientos identificados. El MCT se puede descargar <http://www.angloamerican.com/development/mine-closure-planning/mine-closure-toolbox.aspx>.

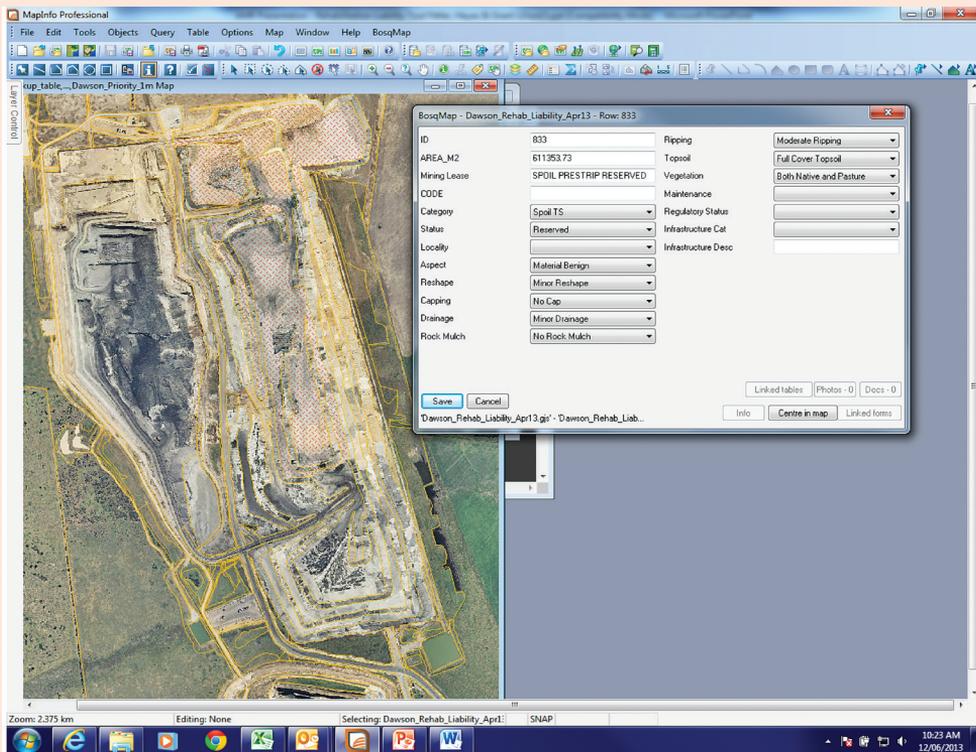
En Met Coal, los planificadores y gerentes mineros han lidiado con el conflicto percibido entre mantener las zonas mineras disponibles para su potencial explotación en el futuro y la necesidad tanto de completar una rehabilitación progresiva como de gestionar garantías financieras. Sin un método efectivo y razonablemente preciso de evaluar económicamente los impactos medioambientales, los responsables de la toma de decisiones suelen implementar planes mineros con poca apreciación práctica de las garantías financieras subyacentes.

Era necesaria una herramienta de cálculo de la responsabilidad de rehabilitación para calcular de una forma más precisa los impactos y responsabilidades de rehabilitación que tendrán las opciones de planificación minera alternativas. Met Coal ha desarrollado una herramienta para minas australianas que utiliza MapInfo con un complemento de software BosqMap y una plantilla de hoja de cálculo de Excel personalizada para calcular sus responsabilidades de rehabilitación.

La tecnología cartográfica del SIG de MapInfo puede utilizarse directamente para evaluar los impactos de planes mineros en lo que respecta a la responsabilidad de rehabilitación tanto presente como futura. Las fotografías aéreas referenciadas del SIG se utilizan para cartografiar las zonas de alteraciones presentes utilizando uno de los 15 “dominios” de tipos de alteraciones. Se puede aplicar una selección de hasta ocho tratamientos genéricos a cada polígono de dominio de tipo de alteración cartografiado, y se puede asignar un tratamiento específico dentro de cada tratamiento genérico seleccionado (véase la primera imagen). Hay 80 dominios y prescripciones de tratamientos de uso frecuente. Los planes mineros proyectados pueden superponerse a las alteraciones actuales para permitir la visualización y definición de pronósticos de alteraciones y cambios. Las zonas de alteración exportadas, los dominios y los tratamientos de MapInfo son utilizados en una plantilla de hoja de cálculo para aplicar tasas de responsabilidad de rehabilitación aceptadas tanto por la empresa como por las autoridades reguladoras.

Los cambios en las responsabilidades de rehabilitación como consecuencia del plan minero son claramente visibles, están tabulados y abiertos a escrutinio y son auditables. Los procesos, actividades y planes mineros tienen oportunidades para minimizar y reducir las responsabilidades de rehabilitación, además de para incrementarlas. Demostrar económicamente los impactos de las decisiones tomadas posibilita la determinación de un resultado más fundamentado y equilibrado y proporciona un fuerte incentivo a los planificadores mineros para intervenir.

Software MapInfo con complemento BosqMap que utiliza fotografías aéreas para definir la cartografía.



## 6.2 Minimización de la posible responsabilidad medioambiental

A medida que el cierre se aproxima, es posible reducir la responsabilidad medioambiental mediante la gestión de los flujos de residuos. Puede haber ocasión de procesar en la planta el mineral de menor valor que no sería procesado normalmente, el cual, en caso de que no se procesara y se dejara en una pila de acopio, podría ocasionar drenaje ácido de roca y una rehabilitación más costosa que el procesamiento con pérdidas. Otros ejemplos son los siguientes:

- El procesamiento en planta del material de óxidos y su envío a los relaves con objeto de crear una capa (o cubierta) inocua sobre relaves más reactivos puede ser una solución rentable, en lugar de la tradicional colocación, mediante camión y pala, de los sólidos inocuos sobre una presa de relaves, lo cual puede requerir materiales procedentes de fuera del área ya alterada.
- Al elaborar el inventario de las áreas que serán rehabilitadas, cada pila de acopio de roca, relaves o material lixiviado (en caso de metales preciosos) puede evaluarse para determinar su valor potencial. Tras confirmar que el material no será procesado y no requiere un tratamiento específico, puede ser evaluado como posible recurso que podría utilizarse para rehabilitar otra zona.
- Al considerar el posible riesgo para el medioambiente de cada pila de residuos, pueden surgir oportunidades creativas en las que un material de desecho se puede utilizar para mitigar un factor de riesgo en otra pila de residuos como, por ejemplo, la utilización de una pila de roca gruesa y resistente para reforzar otra pila de tierra erosionable. La roca resistente también puede ser considerada (siempre que sea químicamente inocua) como un recurso valioso por los grupos de interés locales, p. ej. los consejos territoriales para las obras de construcción de carreteras.
- La colocación de material sulfurado altamente reactivo bajo tierra o en la base de una mina, donde es sumergido bajo varios metros de agua para detener las reacciones de oxidación, da mejor resultado que la construcción de una cubierta de suelo que pueda fallar en el futuro. Su mayor coste a corto plazo puede ser, sin embargo, más rentable a largo plazo si, por ejemplo, fuera necesario utilizar una planta de tratamiento de aguas para la captación y el tratamiento de efluente de mala calidad durante muchos años

El uso de los principios de gestión de riesgos para la evaluación de opciones y costes es una manera adecuada de justificar las opciones de gestión y elegir las más sostenibles para reducir las responsabilidades medioambientales a largo plazo.

## Caso práctico: Cierre, participación de los grupos de interés y valores medioambientales

El yacimiento minero de Beenup está situado al suroeste de Australia Occidental, cerca de la confluencia de los ríos Blackwood y Scott, en la llanura costera de Scott. La utilización del suelo de la zona consiste principalmente en el cultivo de pasturas para reses y ganado lechero, silvicultura y algo de horticultura.

Las operaciones de explotación de arenas minerales en Beenup dieron comienzo en enero de 1997 y terminaron en febrero de 1999, dejando una amplia extensión de aguas profundas, varias presas y pilas de acopio temporales y permanentes que contenían residuos, los cuales incluían arena limpia, arcilla fina y varias categorías de mineral pirítico. Durante la explotación, se encontraron dificultades, ya que no se alcanzaban las tasas previstas de asentamiento y consolidación de las arcillas finas. La carga de pirita asociada a las actividades de explotación también sería un factor significativo para determinar los métodos de rehabilitación. En el momento del cierre, había quedado alterada un área total de 336 hectáreas. La mayoría de las alteraciones estaban relacionadas con la balsa de dragado y a las instalaciones de almacenamiento en superficie.

Uno de los pasos iniciales emprendidos por BHP Billiton en la preparación del plan de rehabilitación de Beenup fue desarrollar una filosofía global de cierre. BHP Billiton se consideró a sí misma como una residente temporal y reconoció que la comunidad permanente desempeñaría un papel crucial para el éxito del proyecto. Con este fin, la compañía desarrolló un plan flexible destinado a promover una mejora continua.

En el momento del cierre de la mina, la compañía tuvo la suerte de contar con un grupo consultivo activo de la comunidad. El Beenup Consultative Group (BCG) se componía de representantes territoriales, propietarios y representantes de negocios y grupos conservacionistas.

Para ayudar a formar la opinión de la comunidad sobre varias propuestas de rehabilitación, BHP Billiton elaboró representaciones visuales de las opciones preferidas. El BCG desempeñó un papel significativo en la elección de la alternativa de rehabilitación preferida a partir de varias posibilidades propuestas. Tras esta elección, BHP Billiton inició la preparación de un plan detallado de rehabilitación para que lo estudiara el Gobierno de Australia Occidental. El BCG también facilitó la identificación de las cuestiones clave a tratar en el proceso de implementación, y estableció un canal de comunicación para obtener *feedback* del Gobierno sobre aspectos del plan.

Las cuestiones clave identificadas fueron:

- la calidad del agua emitida por el emplazamiento
- seguridad de los suelos ácidos
- impacto en las aguas subterráneas y superficiales
- rehabilitación a largo plazo del área de depósito de la explotación minera
- impacto en el régimen hidrológico
- rehabilitación de las áreas de ensayos de la mina
- paisajismo y uso del suelo.

La propuesta elegida, resultante de la consulta inicial, consistía en el relleno de la balsa de dragado con material extraído para permitir la creación de humedales rodeados por vegetación y pasturas. La elección de esta propuesta permitió orientar el desarrollo del plan detallado de rehabilitación, el cual tuvo gran aceptación por parte del Gobierno y el BCG.

En 2001, el BCG preparó una auditoría externa sobre el avance en relación con el plan de rehabilitación, basada en un protocolo que había desarrollado. Este proceso facilitó la mejora constante, y permitió a la comunidad local y a la compañía asegurar una continua aplicación de los últimos avances en tecnología de rehabilitación, de modo que el resultado final fuera satisfactorio para las generaciones futuras, más allá de la fecha de finalización.

Desde el fin de las actividades de movimiento de tierras y revegetación, gobierno y comunidad mantienen la propiedad intelectual y su confianza en el avance del proyecto de rehabilitación. Actualmente, los miembros de la comunidad están muy familiarizados con los principios de la sostenibilidad, y hablan con cierta autoridad sobre este tema.

Las claves del éxito en el proyecto de cierre de Beenup fueron:

- aceptación temprana por parte de la compañía de su condición de residente temporal
- participación temprana de los grupos de interés
- consulta inmediata con la comunidad tras el anuncio del cierre, por efecto de la actividad del grupo consultivo ya existente
- estabilidad a largo plazo de la composición del BCG
- comunicación y entendimiento eficaces entre la compañía y la comunidad
- establecimiento de una auditoría externa de rehabilitación dirigida por la comunidad
- encargo de la dirección técnica a agencias consultoras bien valoradas



*Junio de 1999*

Fuente: Manual de *Cierre y terminación de minas* (2002, 2006).



*Noviembre de 2002*

## 7.0 DESMANTELAMIENTO Y CIERRE

### ASPECTOS CLAVE

- Las prácticas líderes en la planificación del cierre de minas incluyen el requisito de desarrollar detalladamente planes de gestión del desmantelamiento relevantes y específicos para todas las actividades de cierre.
- Se debe desarrollar un plan de desmantelamiento para guiar las actividades al final de las operaciones de la mina y detallar los recursos que serán necesarios para llevar a cabo dichas actividades.
- Los objetivos del plan incluyen la descripción de los procesos para llevar a cabo las actividades de cierre, el cumplimiento de todas las obligaciones legales y la comunicación para minimizar el riesgo de incidentes de seguridad y medioambientales.
- El plan debe detallar cómo se ha de gestionar y financiar toda la infraestructura restante al final de la vida de la mina con vistas al futuro, y dar la oportunidad de hacer sus aportaciones a la comunidad y otros grupos de interés.
- Valorar activos y hacer un inventario detallado es una tarea importante para la mayoría de las minas y debe iniciarse varios años antes del cierre o, de ser posible, como parte de la actividad habitual.
- Entender y predecir las posibles condiciones medioambientales que se desarrollarán tras el cierre ayuda a cuantificar los criterios de finalización y llegar a un acuerdo entre la operación minera y los organismos reguladores con respecto a los requisitos medioambientales que se deben cumplir para permitir el cese del permiso de explotación minera.

Las prácticas líderes en la planificación del cierre de minas incluyen el requisito de desarrollar detalladamente planes de gestión del desmantelamiento relevantes y específicos para todas las actividades de cierre. La planificación del cierre pondrá de manifiesto muchas actividades que requieren de planes de desmantelamiento, incluido el cierre de instalaciones terrestres; el desmantelamiento y demolición de infraestructuras; la rehabilitación de todos los impactos de alteración en todo el proyecto; el seguimiento posterior al cierre; y en última instancia el cese final de las propiedades mineras. Esos planes de desmantelamiento se deben desarrollar para guiar las actividades al final de las operaciones mineras como parte de una estrategia de cierre definida y, lo que es más importante, ofrecer detalles de los recursos que serán necesarios para dichas actividades. Los planes de desmantelamiento deben revisarse y actualizarse siempre que sea necesario y, concretamente, dentro de los dos años siguientes al cierre de la mina.

Los objetivos de los planes de desmantelamiento son:

- describir el proceso para llevar a cabo las actividades de cierre, incluidas aquellas destinadas a depósitos de roca estéril e instalaciones de almacenamiento de relaves, y la limpieza, desmantelamiento y derribo de la infraestructura de la mina como parte del plan de cierre
- cumplir todas las obligaciones legales relativas al desmantelamiento y actividades de rehabilitación
- comunicar la estrategia del propietario de la mina para gestionar el yacimiento durante la fases de cierre, desmantelamiento y rehabilitación
- minimizar el riesgo de incidentes medioambientales y de seguridad durante la fase de desmantelamiento.

La planificación del desmantelamiento requerirá el apoyo y las aportaciones de gran parte del personal de la mina, incluido el equipo de dirección y trabajadores de las áreas de procesamiento de minerales, medio ambiente, relaciones comunitarias, recursos humanos, seguridad, planificación minera, ingeniería y gestión de proyectos.

Como ya se ha tratado anteriormente en este manual, la mayoría de las minas suelen dividir el yacimiento en varios dominios. El plan de desmantelamiento debe mostrar las actividades y tareas que se han de llevar a cabo paso a paso y los recursos necesarios para realizar el trabajo (equipamiento, personas, gestión y supervisión, y recursos contratados). El plan debe considerar otros servicios esenciales, como la disponibilidad de electricidad, agua y talleres de mantenimiento, ya que su retirada podría afectar al cronograma propuesto para el desmantelamiento. En algunos casos, se deberán alquilar generadores portátiles y talleres móviles cuando se eliminen infraestructuras clave, y se seguirá necesitando electricidad para el equipamiento de mantenimiento y desmantelamiento.

## 7.1 Desarrollo de un plan de desmantelamiento

Para preparar un plan de desmantelamiento, el asesoramiento sobre el modo más efectivo de retirar la planta de forma segura debe encargarse a expertos adecuados en desmantelamiento e ingeniería civil, así como en estimación de costes. Durante este proceso, los diseños de ingeniería originales (planos) y las posteriores modificaciones de la planta, así como las especificaciones de los componentes, son cruciales para los ingenieros.

Un plan de desmantelamiento debe describir la gestión futura de toda la infraestructura remanente al final de la vida de la mina (p. ej.: plantas, edificios, caminos asfaltados, cintas transportadoras, red eléctrica, etc.). Esto puede conllevar dejar parte de la infraestructura para el uso de terceros, la venta de activos, demolición, reciclaje o reutilización (estos aspectos se tratan en los apartados siguientes) y la rehabilitación final y seguimiento de las zonas alteradas.

Cabe resaltar la importancia de la secuencia de desmantelamiento, especialmente si la planta se va a vender desglosada en cargas transportables para luego ser reconstruida en otra ubicación. Además, resulta necesario considerar el peso de los componentes para los levantamientos con grúa, así como los límites de peso en el transporte por carretera. Será necesario contratar a expertos en transporte especializado y transporte pesado para obtener asesoramiento sobre camiones y traslado de componentes grandes (tales como molinos semiautógenos —SAG— y molinos de bolas), aunque, una vez que la explotación se vende, esto normalmente pasa a ser responsabilidad del comprador.

El desmantelamiento genera una gran cantidad de residuos, cuyo volumen con frecuencia supera las estimaciones iniciales. Debe identificarse la necesidad de descontaminar los productos químicos peligrosos usados durante el proceso, así como establecerse un proceso de descontaminación y eliminación. El acero y otros materiales reciclables se podrán retirar del lugar y, normalmente, vender con ganancias (en función de la distancia hasta el mercado). Otros residuos, sin embargo, deberán desecharse en los correspondientes vertederos certificados. La capacidad de deshacerse de materiales mediante soterramientos en el propio emplazamiento dependerá de la naturaleza del residuo, así como del uso del suelo tras la actividad minera en la zona rehabilitada.

El plan de desmantelamiento debe asegurar estrategias de salida para todos los programas de desarrollo comunitario (MCA, 2004: Enduring Value (Valor perdurable), punto 9.3), y que tanto la comunidad como otros grupos de interés tengan posibilidades de hacer sus aportes. En relación con las comunidades locales, puede darse la posibilidad de reutilizar y reciclar parte de los materiales y, si esto se considera apropiado, tendrá que elaborarse un plan de eliminación que no acarree riesgo o responsabilidad para la empresa. De este modo, se asegurará que los materiales se retiren de la mina de forma segura y se repartan equitativamente entre los grupos de la comunidad.

La gestión de personal y empleados es fundamental para el éxito del cierre de la mina. A medida que dicho cierre se vaya aproximando, normalmente se producirá un cese gradual de los empleados. Los gerentes deben identificar qué empleados desean irse cuanto antes y quiénes quieren permanecer durante la fase de desmantelamiento y cierre. Es crucial determinar las capacidades que se deben conservar para terminar las labores de desmantelamiento y cierre. Las personas clave que deben permanecer son las que tengan las aptitudes necesarias y estén abiertas a cambios, pues cada día supondrá un entorno de trabajo diferente. Por otra parte, es posible que haya que negociar incentivos convenientes para conservar al personal adecuado.

Para que el cierre de la mina sea exitoso, es esencial una cultura sólida de seguridad entre empleados y supervisores. Todos los días habrá nuevos riesgos y peligros que deberán ser identificados. Para garantizar que las tareas se terminan de manera segura, será necesario analizar continuamente las labores de desmantelamiento específicas, así como desarrollar e implementar activamente métodos de trabajo. Mantener una cultura sólida de seguridad activa es fundamental, ya que el desmantelamiento y cierre resultan en un entorno laboral de alto riesgo y en constante cambio.

### **Caso práctico: Proyecto aurífero Mt McClure, Australia Occidental**

Este caso práctico destaca la importancia de una planificación adecuada, el trabajo en equipo y las alianzas de cooperación que aplicó el equipo de gestión de Newmont Mt McClure para desarrollar un proceso de cierre de alta calidad, galardonado con el Premio Golden Gecko a la Excelencia Medioambiental en 2004.

El proyecto de Mt McClure se ubicaba en los campos de oro del norte, a 80 km al noreste de Leinster, Australia Occidental, y tuvo varios propietarios antes de pasar a control de Newmont en 2002. Las operaciones mineras consistían en una planta procesadora de lixiviación de carbón común, con múltiples canteras y dos TSF.

En la planificación del desmantelamiento completo del proyecto, el equipo de gestión del cierre realizó una evaluación de riesgos a través de asesores externos, a fin de centrarse en las cuestiones clave y crear la base del plan de cierre. A continuación, tuvo lugar un proceso de consulta con los grupos de interés para desarrollar aún más el plan y elaborar un esquema del proceso que detallara los pasos y secuencias de la planificación.

Una innovación significativa fueron las visitas de evaluación comparativa. Estas visitas (realizadas por personal del equipo de cierre, incluidos asesores, conductores de buldócer y contratistas de labores de movimiento de tierras) se llevaron a cabo en numerosas minas cerradas y abandonadas en un radio de 500 km desde la explotación. Dichas visitas proporcionaron información valiosa para un diseño óptimo del plan de cierre.

El hecho de abordar las cuestiones relativas a «personas» relacionadas con el cierre de la mina puede implicar un sorprendente número de grupos distintos. Un cierre exitoso solo puede tener lugar cuando todas estas personas se han comprometido de forma efectiva y han tenido oportunidad de participar en el proceso de cierre. Ese fue un aspecto primordial para el éxito del programa de Mt McClure.

Newmont encontró que las relaciones en el proceso de cierre se pueden clasificar en varias categorías generales, y decidió consultar con todos los grupos de interés durante el cierre. En el caso de Mt McClure, se incluyó a:

- población indígena
- usuarios de terrenos tras la actividad minera
- organismos reguladores
- industrias similares
- contratistas
- asesores
- universidades
- propietarios (como persona jurídica)
- personal del nivel operativo
- miembros del equipo del proyecto de cierre que se ocupaban de los recursos humanos, la seguridad y el cuidado y mantenimiento.

Un cierre eficaz de la mina no puede darse sin la participación y el compromiso generalizados de un conjunto de organizaciones, comunidades, disciplinas y aspectos de la sociedad. Se trata de un proceso más largo y complejo de lo habitual pero, en última instancia, proporciona un resultado mucho más sólido, en consonancia con los requisitos específicos del proyecto. Para facilitar esta implicación, se requiere un liderazgo eficaz. La operación minera debe invertir en personal de calidad que pueda establecer relaciones adecuadas con todos los grupos de interés relevantes mucho antes de que se produzca el cierre. Puede resultar costoso, pero los beneficios son grandes.

Newmont participó y trabajó en estrecha colaboración con los principales contratistas, investigadores y asesores en labores de movimiento de tierras, demolición de instalaciones, eliminación de relaves, rehabilitación del suelo, supervisión medioambiental y control de animales silvestres para lograr «un cierre con orgullo» de Mt McClure.



*Yacimiento minero de Mt McClure*

Es posible obtener detalles adicionales de este caso práctico en Lacy y Haymont (2006).

Fuente: Manual de *Cierre y terminación de minas* (2006).

## 7.2 Valoración de activos y planificación de su venta o traspaso

Antes de que se puedan vender los activos, deben ser valorados y se debe hacer un inventario detallado. Esta es una tarea importante para la mayoría de las minas y de ser posible, debería formar parte de su actividad habitual, o al menos iniciarse varios años antes del cierre. El trabajo preliminar debe comenzar utilizando el registro de activos; sin embargo, los registros de activos a veces están incompletos. Se deben incluir las piezas de repuesto y los registros de mantenimiento de plantas fijas y móviles, ya que pueden añadir valor a la venta. El personal de mantenimiento especializado que esté familiarizado con el equipamiento puede ayudar a los agentes de ventas proporcionándoles un inventario fiable de las instalaciones y equipos.

Para vender activos mineros se usan tres tipos principales de estrategias: venta por acuerdo previo, normalmente a través de una licitación o un agente de equipos; venta a través de anuncios y subasta pública. Es habitual contar con un agente de equipos y un subastador experimentados que actúan en nombre de la compañía para vender todas las instalaciones, edificios y equipamiento con un contrato a comisión. Los beneficios previstos en el caso de unas instalaciones y equipos móviles en buen estado son del 10 al 20 % del nuevo precio.

Planear el cierre de la mina puede ayudar a mitigar la consiguiente reducción en el acceso a infraestructura útil. Con una planificación minuciosa y por adelantado, puede ser posible desarrollar la capacidad necesaria para mantener ciertas instalaciones de infraestructura y servicios que, en el futuro, pueden pasar a ser propiedad comunitaria o del gobierno local, o bien parte del desarrollo de oportunidades de negocio emergentes. Por ejemplo, los edificios desmontables, el mobiliario, los equipos, el vallado o un campo de perforación pueden ser de gran valor para la comunidad o el gobierno local.

La comunidad o el ayuntamiento también pueden solicitar que no se retiren las carreteras de acceso y las pistas de aterrizaje. El uso futuro de la infraestructura minera por parte de un tercero es a menudo una opción interesante para todas las partes. Sin embargo, suelen surgir importantes desafíos para conseguir que los diversos organismos reguladores se pongan de acuerdo y llegar a un acuerdo con un tercero para la gestión a largo plazo del activo. Esto se gestiona mejor si las negociaciones con terceros comienzan lo antes posibles. Esto requerirá negociación y planificación para garantizar que hay un claro traspaso de activos o infraestructura que no impone ninguna otra obligación a la empresa.

## 7.3 Desmantelamiento de la infraestructura y polución/contaminación y descontaminación

Antes del cierre, la gerencia del yacimiento debe entender bien los tipos y la extensión de cualquier contaminación del suelo y el agua presente. Entender y predecir qué condiciones medioambientales se desarrollarán tras el cierre (lagos de cantera, condiciones de aguas subterráneas, consolidación de relaves) contribuye a la reducción del gap de conocimientos. En esta fase del ciclo de planificación del cierre, los organismos reguladores y los operadores mineros deben ponerse de acuerdo en los requisitos medioambientales que se deberán cumplir para permitir el cese del permiso de explotación minera.

Con una adecuada planificación, la operación minera habrá tomado medidas o habrá construido las infraestructuras necesarias para eliminar la contaminación específica antes del cierre físico de la mina. Estas infraestructuras pueden incluir sistemas activos o pasivos de drenaje ácido de minas, plantas de tratamiento de aguas, tuberías de transporte, tanques, depósitos de tierra y zonas de descontaminación y, de ser necesario, filtros de pantano. Esta es una estrategia prudente, dado que puede ocurrir un cierre inesperado y el momento exacto del cierre es impredecible.

Cuando se planean los requisitos de infraestructura al cierre, es importante entender la cantidad de tiempo necesaria para alcanzar los niveles exigidos de limpieza. En muchos casos, las plantas de tratamiento de aguas, los sistemas de drenaje pasivo y los depósitos de cal pueden permanecer operativos durante décadas. Se debe proporcionar capital para cubrir los gastos de gestión y mantenimiento y, en algunos casos, para los costes de sustitución de equipos. Los criterios de finalización que se deben cumplir han de establecerse de una forma clara y firme con los principales grupos de interés. Si se cambian los requisitos o los niveles exigidos de descontaminación durante este periodo, la compañía podría quedar expuesta a unas condiciones que pueden ser inalcanzables por diferentes motivos, dejando así al yacimiento en un estado de gestión imprevista a perpetuidad.

## 7.4 Legado de infraestructura

El legado de infraestructura que se abandona como resultado las actividades mineras puede incluir instalaciones de almacenamiento de relaves, depósitos de roca estéril, agujeros abiertos, lagos de cantera y otras fuentes potenciales de contaminación. La infraestructura menos visible puede incluir sistemas de captación de aguas subterráneas, recubrimientos de tierra o sintéticos, capas barrera pasivas o reactivas, rampas y pozos de entrada, y zonas recuperadas.

El legado de infraestructura plantea un problema a la industria a la hora de garantizar que sea sostenible en el futuro. Las filtraciones de las instalaciones de almacenamiento de relaves y depósitos de roca estéril a menudo tardan en desarrollarse, y a veces los terrenos de revegetación no consiguen alcanzar la cobertura deseada. Por lo tanto, es importante establecer planes pertinentes de acción y seguimiento que abarquen el legado de infraestructura de manera que se mantenga en buenas condiciones de uso. Es igualmente importante determinar quién gestionará la infraestructura en el futuro: ¿gestionará el yacimiento un proveedor de servicios independiente, y será capaz de proporcionar el cuidado y mantenimiento necesarios?

Puede ser necesario establecer disposiciones económicas para cubrir los gastos de seguimiento y mantenimiento del legado de infraestructura. Estos gastos pueden reducirse si la gestión de la mina es proactiva, se limpian las zonas contaminadas conocidas antes del cierre y los trabajos de recuperación se diseñan y realizan con un nivel más alto de calidad para evitar tener que repetirlos en el futuro.

## 8.0 CESE DE LA MINA

### ASPECTOS CLAVE

- La última fase en la vida de la mina llega cuando concluyen el desmantelamiento, cierre, rehabilitación y las actividades posteriores al cierre. Es en ese momento cuando se solicita la autorización legal para el cese de la concesión minera.
- El proceso de cesión normalmente implica una evaluación final del emplazamiento para asegurar que cumple todos los criterios de eficacia y finalización requeridos.
- Se deben establecer mecanismos formales de cierre, aprobación y cese con el principal organismo regulador, a fin de especificar qué obligaciones, responsabilidades y metodologías propuestas son necesarias para lograr con éxito la aprobación.
- La empresa debe procurar paliar los impactos ambientales y sociales negativos de la actividad minera con el fin de minimizar su riesgo residual, lo que finalmente permite el cese de la responsabilidad en la gestión del emplazamiento.
- Tras el cierre de la mina, algunos terrenos rehabilitados pueden requerir una gestión y supervisión continuas antes del cese de la concesión. Algunos de los procedimientos y cuestiones a tratar con los organismos reguladores y grupos de interés serían el análisis de soluciones viables y la elaboración de un cronograma para lograr el cese.
- Según el contrato de concesión minera u otros acuerdos, la empresa no tiene más obligaciones tras el cese, aunque puede seguir teniendo algunas responsabilidades para con el emplazamiento en caso de ser propietaria del mismo.
- La industria reconoce que para poder acceder a futuros recursos debe demostrar que puede gestionar y cerrar minas de forma eficaz, y con el apoyo de las comunidades en las que opera.
- El futuro de la industria minera dependerá del legado que deje.

La última fase en la vida de la mina llega cuando concluyen el desmantelamiento, el cierre, la rehabilitación y las actividades posteriores al cierre. Es en ese momento cuando se solicita la autorización legal para el cese de la concesión minera.

La empresa debe procurar paliar los impactos ambientales y sociales negativos de la actividad minera con el fin de minimizar su riesgo residual, lo que finalmente permite el cese de la responsabilidad en la gestión del emplazamiento.

El cese de la concesión minera sólo puede darse cuando se agota el recurso explotado de forma rentable y se cumplen todos los criterios de finalización establecidos para la mina. Según el contrato de concesión minera u otros acuerdos, la empresa no tiene más obligaciones tras el cese, aunque puede seguir teniendo algunas responsabilidades para con el emplazamiento en caso de ser propietaria del mismo.

## 8.1 Cese de la concesión minera

Los acuerdos mineros y las cláusulas sobre la propiedad se suelen formular bajo la expectativa de que la rehabilitación devolverá al emplazamiento a un estado que permita el cese del arrendamiento, la desvinculación de todas las obligaciones de cuidado y seguimiento futuros y el retorno al Estado del control del emplazamiento. Sin embargo, hay relativamente pocos ejemplos de cese exitoso en Australia, y la industria y los organismos reguladores están tomando conciencia de lo exigente que resulta para las empresas mineras cumplir los criterios acordados de finalización y uso del terreno tras la actividad minera.

Está claro que una mina bien administrada (con una planificación del cierre cuidadosamente concebida desde el principio y el uso de prácticas líderes para reducir el posible AMD, por ejemplo) minimizará las dificultades de gestión en el momento del cierre, así como el tiempo que llevará cumplir los requerimientos de organismos reguladores y grupos de interés para el cese del arrendamiento.

Tras el cierre de la mina, la rehabilitación exitosa y la implementación del plan de cierre, el operador minero podrá ser autorizado por la autoridad competente al cese de la concesión. Cada estado o territorio australiano ha promulgado su propia legislación y procedimientos de cese, los cuales se deben observar y cumplir. A menudo se necesita tener una visión del Gobierno en su conjunto a propósito de la aprobación, ya que es poco probable que la entera responsabilidad del cierre corresponda a una única autoridad.

El procedimiento normalmente conlleva una evaluación final del emplazamiento para asegurar que ha cumplido con todos los criterios requeridos de eficacia y resultados. En ella puede participar un evaluador externo o un panel de expertos o grupos de interés, que lleve a cabo la evaluación final y dé recomendaciones a las autoridades reguladoras. También supone una oportunidad para que el comité comunitario de cierre (o grupo equivalente) participe y asesore sobre si la empresa ha satisfecho todas las inquietudes de la comunidad (planteadas durante todo el proyecto) en relación con el cierre. Este procedimiento pone de relieve la necesidad de garantizar que los criterios de cierre se redacten cuidadosamente para que sean cuantificables y factibles, y posibilitar así un cese exitoso.

### **Caso práctico: Certificación de rehabilitación progresiva de Kestrel**

En febrero de 2014, Kestrel Coal Pty Ltd logró la primera aprobación conforme a las disposiciones sobre rehabilitación progresiva de la Ley de 1994 de Protección Ambiental de Queensland. La aprobación se refiere a 570 ha de tierra sobre paneles de tajo largo de la serie 200 explotados anteriormente.

La mina Kestrel está situada a unos 50 km al noreste de Emerald, en Central Highlands, y está operada por Kestrel Coal Pty Limited, filial de Rio Tinto Coal Australia Pty Limited (RTCA). El terreno es propiedad total de Rio Tinto y está arrendado a North Australian Pastoral Company (NAPCO) para el pastoreo y el cultivo de plantas forrajeras. A finales de 2003, cesó la extracción en esta mina subterránea e inmediatamente se tomaron medidas de rehabilitación, las cuales se completaron en 2006. En 2010, Rio Tinto solicitó la certificación como terrenos rehabilitados de una parte significativa de la serie de tajo largo, con una extensión total de unas 570 ha.

Antes de la actividad minera, la zona de tajo largo formaba un paisaje suave y ondulado; por lo general, las pendientes eran menores del 5 % y drenaban a corrientes pasajeras. Durante las operaciones de minería, se formó una subsidencia de 1,5 a 2 metros de profundidad a lo ancho de cada tajo largo.

### **Certificación de la rehabilitación progresiva**

La Ley de Protección del Medio Ambiente configura el marco legislativo para la rehabilitación en Queensland y prevé la certificación de la rehabilitación progresiva, que en la práctica significa que la tierra se ha rehabilitado siguiendo todos los requisitos legales pertinentes, la autoridad ambiental bajo la que se autoriza el proyecto de recursos, y cualquier otra directriz pertinente que se lleve a cabo conforme a la Ley. El área objeto de la certificación progresiva se considera pues como un «área de rehabilitación certificada» de la correspondiente propiedad. En este caso particular, el requisito era rehabilitar el «potencial de terreno agrícola de buena calidad». Si los requisitos de rehabilitación cambiasen a lo largo de la vida de la explotación minera, no podrían establecerse estipulaciones con carácter retroactivo sobre las áreas de rehabilitación certificadas.

### **La estrategia de RTCA**

En 2009, RTCA decidió solicitar la certificación progresiva de toda el área minera de tajo largo. Según lo dispuesto en la Ley, se compiló un informe de rehabilitación progresiva que incluía información de supervisión registrada antes, durante y después de la actividad minera, incluyendo:

- un análisis de todos los datos de referencia disponibles y de la información anterior a la actividad minera (RTCA no comenzó las operaciones mineras iniciales, sino que compró la mina en 1999)
- el seguimiento de subsidencias/datos de la estabilidad del terreno, el cual incluía imágenes satelitales y trabajo de campo específico en el curso de varios años (incluida información procedente de dos proyectos del ACARP —Programa de Investigación de la Industria Australiana del Carbón—)
- una evaluación externa de la categoría potencial del terreno, que comparó los resultados con la información de referencia y precisó los requisitos de las autoridades medioambientales
- las observaciones del arrendatario (NAPCO), que llevaba gestionando el terreno desde 2003.

De conformidad con los requisitos y directrices de la Ley, el informe de rehabilitación progresiva incluía una auditoría/revisión externa del mismo, así como una evaluación del riesgo residual. Para determinar los criterios de finalización, se utilizaron los requisitos de rehabilitación de la autoridad medioambiental del lugar.

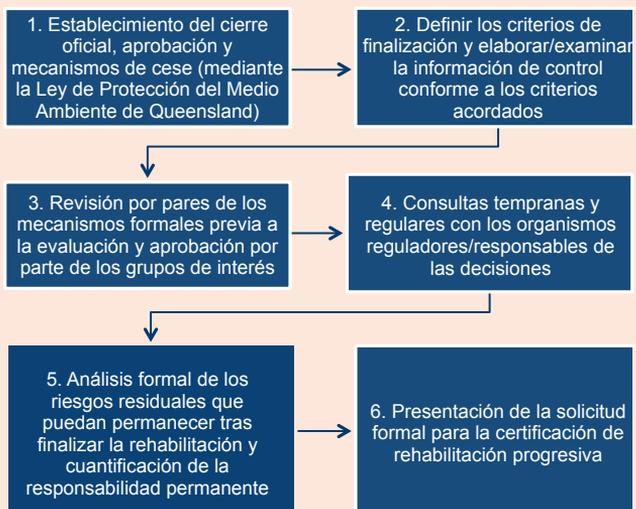
### **Consulta con los organismos reguladores**

RTCA inició consultas con el organismo regulador (ahora Departamento de Medio Ambiente y Protección del Patrimonio) en una etapa temprana del proceso.

Como se trataba de la primera solicitud formal para la certificación de rehabilitación progresiva en Queensland, hubo varios retrasos en el proceso, a medida que el departamento consultaba sobre cómo dar curso a la solicitud y solicitaba información adicional, incluidas más aclaraciones sobre posibles impactos hidrológicos.

Tras una amplia consulta y una visita a la mina por parte del personal del departamento, en marzo de 2012 se recibió, mediante notificación de resolución, la aprobación oficial.

Los pasos fundamentales se resumen en el siguiente diagrama de flujo.



Actualmente, Rio Tinto ha fijado el estándar establecido para la rehabilitación. La certificación de rehabilitación progresiva de la serie 200 de tajo largo demuestra que la minería puede coexistir con otros usos del terreno y que, tras la actividad minera, es posible devolver el terreno a un estado adecuado.

Los siguientes pasos pueden utilizarse como guía para desarrollar un proceso de aprobación con los organismos reguladores y los grupos de interés.

### 1. Establecimiento de los mecanismos formales de cierre, aprobación y cese

El operador de la mina debe establecer mecanismos de cierre, aprobación y cese formales con el principal organismo regulador, a fin de especificar qué obligaciones, responsabilidades y metodologías propuestas son necesarias para lograr con éxito la aprobación. Los acuerdos pueden incluir:

- un plan de aprobación del cierre, el cual incluye provisiones financieras
- el uso del suelo posterior a la actividad minera y criterios de finalización dirigidos a resultados medioambientales, sociales y económicos
- requisitos de seguimiento e información
- una autoevaluación basada en los criterios de finalización como paso previo al traspaso de las zonas finalizadas por parte del operador
- un procedimiento para gestionar las áreas que no cumplen los criterios de finalización, incluidas medidas correctivas
- un procedimiento acordado para el mantenimiento de registros relativos a las áreas propuestas para su cierre
- el establecimiento de un proceso formal de auditoría del cierre con la agencia reguladora u otras entidades para las áreas traspasadas.

### 2. Revisión por pares de los mecanismos formales antes de la evaluación y aprobación de los grupos de interés

La revisión por pares de los criterios de finalización, el proceso de cierre y el mecanismo de traspaso puede validar los procesos propuestos adoptados por el operador.

### **3. Las minas que han satisfecho con éxito los criterios se proponen para su cese mediante aprobación oficial**

El operador debe considerar la elaboración de una proforma o lista de verificación en consulta con los grupos de interés, aplicable a cada área rehabilitada propuesta para su aprobación.

La lista de verificación muestra un registro del estado del área rehabilitada en relación con los criterios de finalización y cualquier otro acuerdo realizado entre los grupos relacionados con dicha área. Además, requiere la firma de ambas partes para formalizar la aprobación.

### **4. Reconocimiento por parte de la autoridad competente de las áreas que hayan sido aprobadas para su cierre**

El operador puede requerir una carta del ministro competente (o autoridad reguladora pertinente) que detalle las áreas que han sido aprobadas y cuya concesión ha cesado. La carta debe indicar al operador que el gobierno estatal o territorial pertinente acepta la responsabilidad de la concesión rehabilitada.

### **5. Se establece un proceso para gestionar las áreas que no satisfacen los criterios de eficacia**

Se identificarán las áreas que no satisfacen los criterios de finalización de acuerdo con el organismo regulador y se desarrollará un plan de medidas correctivas para cumplir los criterios. El plan detallará qué labores correctivas son necesarias para solucionar las inquietudes del organismo regulador.

### **6. Establecimiento de un mecanismo de financiación para el mantenimiento continuo de las áreas rehabilitadas**

El operador debe considerar el establecimiento de un fondo fiduciario, u otro arreglo financiero capaz de generar ingresos, para la gestión continua de las áreas rehabilitadas si este mecanismo permite el cierre temprano y traspaso al gobierno.

## **8.2 Requisitos de gestión posterior al cierre**

Tras el cierre de la mina, es posible que una parte del terreno rehabilitado requiera una gestión y supervisión continuas antes de que la concesión cese. Para obtener el visto bueno de los organismos reguladores y grupos de interés, será necesario analizar estas cuestiones con las autoridades reguladoras, así como también considerar plazos y soluciones factibles, junto con la gestión y supervisión posteriores al cierre.

La responsabilidad relativa a la gestión posterior al desmantelamiento y cierre de la mina hasta el cese de la concesión dependerá de lo que se requiera para lograr acuerdos de uso del terreno tras la actividad minera. Los nuevos usuarios del terreno serán entonces los responsables de su gestión, así como de los aspectos jurídicos.

Generalmente, la gestión posterior al cierre requerida puede incluir los siguientes aspectos:

- control de hierbas nocivas
- exclusión o control de animales de pastoreo
- control del acceso público
- control de incendios
- mantenimiento de la señalización y cercas de seguridad.

En el apartado 6.1 se trata el tema de la gestión y control de la financiación posterior al cierre, que será necesaria como parte normal de la vida de la mina. Gran parte de esta planificación la determina el titular de la concesión minera, en consulta y comunicación con las autoridades reguladoras y los grupos de interés.

Arrendatarios, organismos reguladores y grupos de interés deberán determinar la fuente de financiación para la gestión y supervisión necesarias tras el cese. Una de las opciones sugeridas consiste en establecer un fondo fiduciario y utilizar los intereses generados por este. Cualquiera que sea el acuerdo alcanzado, el objetivo de las empresas mineras es quedar libres de cualquier obligación económica permanente y que no haya carga financiera a largo plazo para el gobierno o la sociedad. Por ejemplo, en Queensland, la Agencia de Protección del Medio Ambiente ha redactado normativas que exigen a las empresas realizar una evaluación del riesgo posterior al cierre para identificar peligros y riesgos potenciales. Una opción es que los arrendatarios presenten una fianza posterior al cierre. Los fondos de las fianzas retenidas se utilizarían para reparar las posibles áreas malogradas (QEPA, 2006).

Los riesgos de las etapas posteriores al cierre y cese de la vida de la mina son a largo plazo y tienen consecuencias tanto económicas como no económicas. Se deben tener en cuenta las expectativas de la comunidad, el gobierno, terratenientes, propietarios de terrenos vecinos y ONG locales. Un proceso de cierre bien planificado y gestionado sirve para proteger a la comunidad de consecuencias no deseadas después de que la empresa haya abandonado la región, así como para salvaguardar la reputación de la industria minera.

Las estrategias de cierre de algunas explotaciones mineras pueden incluir iniciativas destinadas a crear un legado perdurable, el cual realce los valores sociales y/o medioambientales en las cercanías de la mina así como en las comunidades adyacentes, y mejorar de este modo la reputación de la empresa e industria mineras.

### **Caso práctico: Cierre a gran escala y a largo plazo de una mina con numerosas instalaciones en Tanami Mine Joint Venture, Territorio del Norte**

Este caso práctico pone de manifiesto el esfuerzo continuado de un equipo de cierre con una estructura de gestión bien definida y dotada de los recursos adecuados para crear un proceso de cierre de alta calidad en circunstancias difíciles.

La mina de Tanami se encuentra en tierras de propiedad aborigen en el desierto de Tanami en el Territorio del Norte, a unos 670 km al oeste de Alice Springs, una zona muy remota e inhóspita. La zona fue explotada y transformada para la extracción de oro de 1900 a 2004. El yacimiento estaba compuesto por 45 minas a cielo abierto, 8 canteras rellenas, 11 instalaciones de almacenamiento de relaves a nivel de mina, 24 depósitos de roca estéril, 2 instalaciones de almacenamiento de relaves en superficie, una planta de procesamiento y un complejo de alojamiento *in situ*. Se sometió a un programa de cierre de minas de 2005 a 2010. Tras un periodo de planificación del cierre, trabajos de investigación y movimientos de tierras continuados y a gran escala de cinco años, Tanami Mine Joint Venture (TMJV, Newmont Mining) vendió la mina cerrada al siguiente operador potencial, Tanami Gold.

El objetivo final de utilización del suelo de la mina de Tanami es la rehabilitación del entorno explotado para que recupere los valores de los ecosistemas circundantes. Tras demostrarse la rehabilitación y la consecución del cese del arrendamiento, la zona se devolverá finalmente a los propietarios tradicionales de la mina para su uso tradicional. Las consultas con los principales grupos de interés facilitaron la transparencia en el proceso de cierre.

Las duras condiciones medioambientales, el tamaño del yacimiento y la variedad de superficies, algunas compuestas de material residual altamente inestable y dispersivo, complicaron aún más el proceso de cierre.

Los equipos de proyectos de cierre guardan ciertas similitudes con los equipos de construcción. Sus miembros están involucrados durante un periodo de tiempo relativamente corto, deben centrarse en la seguridad, la calidad y los costes, y operan cuando parte de la infraestructura y del personal habitual de apoyo se han visto reducidos o han desaparecido (Lacy y Haymont, 2006). Tienen la oportunidad de influir en el proceso de cierre y rehabilitación de muchas formas, y se requieren una serie de habilidades y conocimientos.

Haymont et al. (2008) propusieron que antes de comenzar cualquier proyecto de cierre extenso y complicado, se deberían hacer preguntas como las siguientes sobre los miembros y la dirección del equipo:

- ¿Las personas seleccionadas para estar involucradas en el proyecto tienen experiencia en el campo específico de la rehabilitación y el cierre?
- ¿Los líderes han demostrado una buena dirección previamente, aceptará el equipo tal liderazgo y, de ser necesario, lo cuestionará?
- ¿Cuenta el equipo con el apoyo y los recursos necesarios?
- ¿Son los tipos de personas que forman el equipo capaces de proporcionar *feedback*, aceptar y realizar críticas constructivas y hacer observaciones a todos los niveles?
- ¿Están familiarizados con el entorno físico y climático en el que se encuentran y sus diversos ciclos y fenómenos?
- ¿Son del tipo de personas que colaborarán y contribuirán en todas las disciplinas o se centrarán solo en la suya propia?
- ¿Les importará lo que hacen?
- ¿Tienen la capacidad de responder ante nuevas informaciones o patrones emergentes (la capacidad de demostrar una gestión adaptativa)?

El progreso satisfactorio del programa de trabajos de cierre de la mina Tanami fue en gran medida debido a una interacción eficaz entre un equipo experimentado de cierre y recuperación y una mano de obra comprometida. El equipo de gestión estuvo al frente de la planificación, el diseño, la ejecución, los asuntos medioambientales, la seguridad, las relaciones con la comunidad y el control de costes para ayudar e involucrar a los trabajadores.

Las siguientes imágenes muestran una zona de la mina antes y después de la rehabilitación.



*Instalaciones de almacenamiento de relaves de tres celdas en 2003, antes de la rehabilitación.*



*Instalaciones de almacenamiento de relaves de tres celdas en 2013, después de la rehabilitación de 2008-09. (Google Earth)*

Más información sobre este caso práctico en: Lacy y Haymont (2006), Potts y Lacy (2008) y Haymont et al. (2008).

## 9.0 CONCLUSIÓN

Con el fin de satisfacer los principios de sostenibilidad de la industria minera y mantener su derecho de acceder a los recursos en beneficio de todos, la industria entiende que se le requiere asegurar que el cierre integral de la mina se haga dentro de un marco más amplio de equidad social y económica, así como de desarrollo sostenible.

Este manual presenta varios aspectos intrínsecamente ligados al cierre, incluidos los requisitos legales y normativos; impactos acumulativos; impactos en la biodiversidad local y regional; cambio climático; posibilidades de uso del terreno tras la explotación minera; caracterización física, química y geoquímica de suelos y residuos mineros; y el diseño topográfico. La interacción y consulta con la comunidad se considera fundamental en todo el manual. A medida que un emplazamiento avanza hacia el cese y uso de la tierra posterior a la minería, se analiza la relación entre esos aspectos a lo largo de las siete fases del ciclo minero, incluida la gestión posterior al cierre.

Este manual presenta el contexto patrimonial de los recursos mineros (figura 1) para la discusión general sobre la cuestión del patrimonio y naturaleza cíclica de la minería y las responsabilidades subsiguientes. El diagrama representa claramente la interrelación entre el descubrimiento y utilización de minerales vinculados a la minería, comunidades y gobierno.

El cierre y cese planificados se encuentran aún en una etapa temprana de implementación en Australia. Hay pocos ejemplos de planificación del cierre de una mina aplicado desde la fase de inicio hasta el cese. Esto se debe en gran medida al carácter temporal de la mayoría de operaciones mineras, así como al relativamente reciente desarrollo de la planificación integral del cierre de minas. No obstante, en este manual la industria minera presenta algunos de los excelentes trabajos hechos por la industria y el sector minero al aplicar los principios de las prácticas líderes en el cierre de minas.

Este manual también hace hincapié en que los siguientes aspectos son imprescindibles para llevar a cabo el cierre y cese de la mina:

- Reconocer y abordar las cuestiones referentes al cierre que la explotación minera debe considerar en su *planificación del cierre* hasta el cese.
- Desarrollar la planificación del cierre desde una *estrategia de gestión del riesgo* que abarque desde la fase de inicio hasta la etapa posterior al cierre, y se integre en la planificación de toda la vida de la mina.
- Realizar las *actividades de cierre* asociadas a cada paso del ciclo de la vida de la mina e integrarlas dentro de la práctica empresarial mediante la implementación progresiva de un sistema de cierre.
- Entender los *procesos y herramientas* que puedan ayudar a que la operativa minera lleve a cabo las prácticas líderes en el cierre y cese de minas.
- Entender la necesidad del *compromiso con las comunidades y organismos* reguladores en el establecimiento e implementación de las prácticas líderes en el cierre, puesto que la comunidad hereda los recursos patrimoniales.
- Recopilar *información de referencia* de calidad y desarrollar una base de conocimientos de alta calidad que sea de fácil acceso.
- Desarrollar los *objetivos de cierre y los criterios de finalización* durante la fase de planificación de la mina, en consulta con los principales grupos de interés, para después revisarlos regularmente mientras se llevan a cabo la investigación, la supervisión y la rehabilitación progresiva.

- Reconocer que la caracterización física, química y geoquímica de los suelos y residuos mineros es un componente importante del diseño topográfico y la construcción.
- Reconocer que la rehabilitación y liquidación de los relaves mineros requiere un enfoque particular.
- Reconocer que la gestión del agua y su interacción con los terrenos mineros es un aspecto crucial del cierre.
- Considerar la planificación del cierre y el *aprovisionamiento financiero* asociado durante todas las fases de la vida de la mina, haciendo estimaciones para realizar provisiones, presentación de informes reglamentarios, y elaboración de presupuestos y planificación de la vida de la mina a largo plazo.
- Tener en cuenta que la *etapa de planificación previa al desmantelamiento y cierre* es crucial, por lo que requiere centrar la atención en la responsabilidad, planificación, activos, desinversión, descontaminación e infraestructura existente, así como en el seguimiento y gestión posteriores al cierre.
- Seguir una *planificación avanzada y cuidadosa* para asegurar una transición hacia el cese y uso posterior a la explotación minera tan fluida como sea posible.

Éste manual enfatiza la necesidad de que la minería se centre en desarrollar objetivos de cierre y criterios de finalización basados en el uso del terreno tras la explotación minera como finalidad del cierre. Promueve la planificación sistematizada del cierre, puesto que los cierres no planificados no son rentables y, a menudo, resultan en rehabilitaciones deficientes. La detección temprana de los costes de rehabilitación y cierre promueve estrategias operativas mejoradas para elaborar planes de mitigación adicionales y anticipar el cierre progresivo así como las actividades de recuperación.

El cierre y rehabilitación de la mina determina en última instancia el legado, como un uso de la tierra posterior al cierre, que se deja a futuras generaciones. Si el cierre y rehabilitación no se llevan a cabo de un modo planificado y efectivo durante toda la vida de la mina, un yacimiento puede seguir siendo peligroso y un foco de contaminación durante muchos años. El objetivo global del cierre y cese es prevenir o minimizar los impactos perjudiciales a largo plazo de índole ambiental, física, social y económica, así como crear superficies estables adecuadas para los subsecuentes usos de la tierra que se hayan acordado.

El principal valor adquirido, y de ahí el modelo empresarial para una planificación del cierre temprana y detallada, procede de incorporar la planificación estratégica del cierre, así como medidas de gestión ambiental, a la planificación operativa de la mina. Esto facilita maximizar la eficiencia en la asignación de los recursos operativos y la gestión de materiales, minimizar las huellas de alteración, y usar las valiosas aguas superficiales y subterráneas de forma eficiente ecológicamente.

La integración de los elementos de cierre descritos en este manual en las operaciones diarias (designada como de alta prioridad en todos los niveles de gestión) permitirá el cese de la concesión minera y que el siguiente usuario de la tierra acepte la responsabilidad. Para lograr esto en un ambiente de crecientes expectativas por parte de organismos reguladores y grupos de interés, se requiere el desarrollo e implantación de las prácticas líderes, en consulta con los grupos de interés locales. La implantación de una rehabilitación progresiva y un cierre sistematizado resultarán en conseguir un uso del terreno tras la actividad minera y unos resultados sociales y medioambientales más satisfactorios, pero sobre todo respaldarán y mejorarán la reputación de la industria minera.

# APÉNDICE 1: VALORES PERMANENTES; RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS Y APECTOS CLAVE

En 2012, el Consejo de Minerales de Australia revisó los diez principios expresados en su marco para el desarrollo sostenible de la industria minera. Lo que viene a continuación es el proyecto revisado sobre principios y aspectos relativos al cierre.

## **Principios y aspectos clave relacionados con el cierre de la mina**

### **Principio 2: Integrar las consideraciones del desarrollo sostenible dentro del proceso corporativo de toma de decisiones**

- Planificar, diseñar, operar y cerrar las explotaciones de una forma que mejore el desarrollo sostenible (punto 2.2).

### **Principio 4: Implementar las estrategias de gestión de riesgos sobre la base del conocimiento científico sólido y apoyándose en datos válidos**

- Consultar con las partes afectadas e interesadas en la identificación, evaluación y gestión de todos los impactos sociales, sanitarios, medioambientales, económicos y sobre la seguridad que estén relacionados con nuestras actividades.
- Informar a las partes potencialmente afectadas de los riesgos significativos de la minería y la explotación mineral y metalúrgica, así como de las medidas que se adoptarán para gestionar eficazmente los posibles riesgos.

### **Principio 6: Buscar la continua mejora de la eficacia medioambiental**

- Evaluar los impactos positivos, negativos, indirectos y acumulativos de los nuevos proyectos: desde la exploración hasta el cierre (punto 6.1).
- Rehabilitar la tierra manipulada u ocupada por operaciones, de acuerdo con los usos del suelo posteriores a la explotación minera (punto 6.3).
- Diseñar y planificar todas las operaciones, a fin de que los recursos adecuados para satisfacer los requisitos de cierre de las operaciones estén disponibles (punto 6.5).

### **Principio 7: Contribuir a la conservación de la biodiversidad y a las estrategias integrales sobre la planificación del uso del suelo**

- Apoyar el desarrollo e implantación de procedimientos científicamente sólidos, inclusivos y transparentes para enfoques integrales sobre la planificación del uso del suelo, la conservación de la biodiversidad y la minería (punto 7.3).

### **Principio 9: Contribuir al desarrollo social, económico e institucional de las comunidades donde operamos**

- Contribuir al desarrollo comunitario, desde el desarrollo del proyecto hasta el cierre, en colaboración con las comunidades de acogida y sus representantes (punto 9.3).

### **Principio 10: Implementar acuerdos eficaces y transparentes de compromiso, comunicación y presentación de informes verificados de manera independientemente con los grupos de interés.**

- Responder a los grupos de interés así como interactuar con ellos mediante procesos de consulta y participación abierta (punto 10.3).

# APÉNDICE 2: PROBLEMAS, CONSECUENCIAS Y OPCIONES PARA LA REDUCCIÓN DE IMPACTOS

## Huecos y pozos subterráneos

PROBLEMAS Y CONSECUENCIAS	OPCIONES Y TÉCNICAS
<b>Fallo del realse o derrumbamiento del hueco</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Desplome superficial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relleno de los niveles superiores con roca estéril o pasta (con la operación en curso)</li> </ul>
<b>Desplome superficial planificado</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Impactos en aguas superficiales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Restaurar la forma del terreno desplomado</li> <li>Desvío de ríos</li> </ul>
<b>Drenaje ácido de roca y contaminación por hidrocarburos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Efectos adversos sobre la calidad de las aguas subterráneas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reponer el nivel freático (por inundación del subsuelo)</li> <li>Tratar y reemplazar las aguas ácidas, bacterias reductoras de sulfuro</li> <li>Aislar los acuíferos conocidos (operativos)</li> <li>Cementar y sellar las galerías</li> </ul>
<b>Seguridad pública</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lesiones o muerte de personas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impedir el acceso a los trabajos subterráneos, rellenando la pendiente hacia el portal, y además colocar cubiertas de cemento (a modo de tapón) en el portal y todas las entradas superficiales (tales como vías de evacuación o chimeneas de ventilación)</li> </ul>
<b>Fauna</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Daños o muerte</li> <li>Pérdida del hábitat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudios sobre la fauna</li> <li>Creación de hábitat (murciélagos)</li> <li>Impedir el acceso (véase arriba)</li> </ul>
<b>Usos del terreno posteriores a la explotación minera</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Participación de los grupos de interés para identificar las preferencias de la comunidad</li> <li>Investigación</li> <li>Turismo</li> <li>Eliminación de residuos</li> <li>Biorreactores (producción de metano)</li> <li>Aprovisionamiento hídrico</li> </ul>

## Minas a cielo abierto

PROBLEMAS Y CONSECUENCIAS	OPCIONES Y TÉCNICAS
<b>Drenaje ácido de roca y percolación de lixiviados a través de paredes descubiertas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mala calidad de las aguas subterráneas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rellenar por encima del nivel previsto de aguas subterráneas recuperadas</li> <li>Mantener la calidad del agua durante la explotación minera</li> <li>Tratamiento del agua (alcalinización)</li> <li>Sellar las superficies potencialmente generadoras de drenaje ácido de roca</li> <li>Rellenar la mina de agua (p. ej., desvío de corrientes y/o recuperación de aguas subterráneas)</li> </ul>
<b>Seguridad pública y de la fauna</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Derrumbamiento</li> <li>Fallos de las paredes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Escalonar la pared alta y remodelar la pared baja hasta que el ángulo de la pendiente sea estable</li> <li>Ataludar o derribar la pared alta hasta alcanzar un ángulo seguro y estable</li> <li>Rellenar para sostener las paredes interiores</li> </ul>
<b>Seguridad pública y de la fauna</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Daños o muerte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los materiales peligrosos pueden requerir un recubrimiento inmediato (p. ej., susceptibles de combustión espontánea)</li> <li>Barreras para disuadir del acceso a las personas</li> <li>Diques de aislamiento de roca competente (en lo posible), situados fuera de la zona de inestabilidad de la pared</li> <li>Vallado y señalización</li> </ul>
<b>Estética</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Alto impacto visual</li> <li>Reputación de la industria</li> <li>Reacción pública negativa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Participación de los grupos de interés para identificar la opinión de la comunidad</li> <li>Revegetar los alrededores del hueco</li> <li>Apantallamiento</li> <li>Creación de humedales</li> <li>Relleno o derrumbe y revegetación de bermas</li> </ul>

PROBLEMAS Y CONSECUENCIAS	OPCIONES Y TÉCNICAS
<b>Usos del terreno posteriores a la explotación minera</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación de los grupos de interés para decidir los posibles usos</li> <li>• Acuicultura</li> <li>• Instalaciones recreativas</li> <li>• Zonas educativas</li> <li>• Almacenamiento de agua</li> <li>• Desecho de residuos domésticos y/o peligrosos</li> </ul>
<b>Viabilidad a largo plazo de la rehabilitación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se realizó relleno: control de malas hierbas y revegetación</li> </ul>

### **Instalaciones de almacenamiento de relaves**

PROBLEMAS Y CONSECUENCIAS	OPCIONES Y TÉCNICAS
<b>Erosión e inestabilidad estructural</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rebosamientos por crecidas</li> <li>• Superficies freáticas elevadas</li> <li>• Escurrimiento de materiales por percolación</li> <li>• Sedimentación</li> <li>• Erosión de escarpes por anegamiento superficial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis geotécnico/evaluación de riesgos durante el cierre</li> <li>• Estabilidad desde la fase de construcción</li> <li>• Gestión operativa de alta calidad</li> <li>• Revestimiento rocoso</li> <li>• Reforzar con contrafuertes</li> <li>• Control del drenaje</li> <li>• Cubierta resistente a la erosión</li> <li>• Integración de la cubierta en el entorno circundante</li> </ul>
<b>Drenaje ácido de roca</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inestabilidad interior y exterior</li> <li>• Impactos sobre el agua</li> <li>• Suelo ácido</li> <li>• Toxicidad para los sistemas bióticos</li> <li>• Emisiones térmicas y de gas</li> <li>• Desgaste y fallo de cubiertas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterización geoquímica y emisión selectiva</li> <li>• Estudios de investigación y diseño de cubiertas y sobrecapas para reducir las reacciones entre agua y oxígeno</li> <li>• Identificación de la disponibilidad y fuentes de material de recubrimiento</li> <li>• Control del funcionamiento e integridad de la cubierta</li> <li>• Sistemas de recubrimiento de almacenaje y descarga</li> <li>• Utilizar como relleno de residuos en minas a cielo abierto o subterráneas</li> <li>• Neutralización (alcalinización) y tratamiento (bacterias reductoras de sulfuros)</li> <li>• Separación/aislamiento/encapsulado</li> <li>• Gestión y tratamiento de la lixiviación pasiva</li> </ul>
<b>Polvo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacto visual</li> <li>• Polución exterior</li> <li>• Flora y fauna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobrecapa superficial para evitar la erosión eólica (como cubierta natural o mantillo rocoso)</li> <li>• Cubierta húmeda/humedales</li> <li>• Revegetación</li> <li>• Barreras contra el viento</li> <li>• Hidroacolchado</li> <li>• Compromiso por parte de los grupos de interés de informar acerca de los planes para abordar los problemas</li> </ul>
<b>Aguas subterráneas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación de acuíferos</li> <li>• Limitaciones para el uso provechoso</li> <li>• Impacto en la recarga</li> <li>• Montículos localizados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir la carga hidráulica mediante evacuación del agua</li> <li>• Integrar los sistemas de captación y descarga</li> <li>• Uso de la evapotranspiración</li> <li>• Tapado y cubrimiento con barrera de capilaridad</li> <li>• Desvío del drenaje</li> <li>• Neutralización y detoxificación de la filtración de relaves</li> <li>• Filtrado por humedales</li> </ul>
<b>Estética</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto impacto visual</li> <li>• Reputación de la industria</li> <li>• Reacción pública negativa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño eficaz de la topografía y la cubierta</li> <li>• Revegetación de la superficie</li> </ul>
<b>Seguridad pública y de la fauna</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños o muerte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compromiso por parte de los grupos de interés de informar sobre el desarrollo de planes de acción para abordar las preocupaciones públicas</li> <li>• Diseño eficaz de la topografía y la cubierta</li> <li>• Restringir el acceso</li> </ul>
<b>Viabilidad a largo plazo de la rehabilitación</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños o muerte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control del ganado y los animales silvestres</li> <li>• Seguimiento</li> <li>• Control de malas hierbas.</li> </ul>

## Depósitos de roca estéril

PROBLEMAS Y CONSECUENCIAS	OPCIONES Y TÉCNICAS
<b>Erosión/inestabilidad</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguridad</li> <li>• Sedimentación</li> <li>• Fallo del talud/por tubificación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Señalización y diques de aislamiento</li> <li>• Revegetación/rehabilitación</li> <li>• Diseño topográfico acorde a los materiales utilizados</li> <li>• Gestión de aguas superficiales (desvío de corrientes)</li> </ul>
<b>Aguas superficiales</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga sedimentaria</li> <li>• Aguas contaminadas</li> <li>• Impactos visuales</li> <li>• Interrupción del curso hídrico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adopción de medidas de control de la erosión</li> <li>• Control del drenaje</li> <li>• Cubiertas exteriores resistentes a la erosión</li> <li>• Caracterización de materiales</li> <li>• Filtros de pantano</li> <li>• Contención</li> <li>• Revegetación</li> </ul>
<b>Aguas subterráneas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación de acuíferos</li> <li>• Limitaciones para el uso provechoso</li> <li>• Impacto en la recarga</li> <li>• Montículos localizados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterización de residuos, incluida la geoquímica</li> <li>• Colocación selectiva de cubiertas y recubrimientos</li> <li>• Ubicación respecto a la superficie y el sustrato</li> <li>• Estudios hidrogeológicos previos a la colocación</li> </ul>
<b>Drenaje ácido de roca</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inestabilidad interior y exterior</li> <li>• Impactos sobre el agua</li> <li>• Suelo ácido</li> <li>• Toxicidad para los sistemas bióticos</li> <li>• Emisiones térmicas y de gas</li> <li>• Desgaste y fallo de cubiertas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterización geoquímica y emisión selectiva</li> <li>• Estudios de investigación y diseño de cubiertas y sobrecapas para reducir las reacciones entre agua y oxígeno</li> <li>• Identificación de la disponibilidad y fuentes de material de recubrimiento</li> <li>• Control del funcionamiento e integridad de la cubierta</li> <li>• Sistemas de recubrimiento de almacenaje y descarga</li> <li>• Utilizar como relleno de residuos en minas a cielo abierto o subterráneas</li> <li>• Neutralización (alcalinización) y tratamiento (bacterias reductoras de sulfuros)</li> <li>• Separación/aislamiento/encapsulado</li> <li>• Gestión y tratamiento de la lixiviación pasiva</li> </ul>
<b>Polvo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacto visual</li> <li>• Polución exterior</li> <li>• Flora y fauna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compromiso por parte de los grupos de interés de informar acerca de los planes para abordar los problemas</li> <li>• Sobrecapa superficial para evitar la erosión eólica (tal como cubierta natural o mantillo rocoso)</li> <li>• Cubierta húmeda/humedales</li> <li>• Revegetación</li> <li>• Barreras contra el viento</li> <li>• Hidroacolchado</li> </ul>
<b>Estética</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto impacto visual</li> <li>• Reputación de la industria</li> <li>• Reacción pública negativa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compromiso por parte de los grupos de interés de informar sobre el desarrollo de planes de acción para abordar las preocupaciones públicas</li> <li>• Diseño eficaz de la topografía y la cubierta</li> <li>• Modelado para complementar el terreno circundante</li> <li>• Revegetación</li> </ul>
<b>Usos del terreno posteriores a la explotación minera</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de beneficios económicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación de los grupos de interés para decidir los posibles usos</li> <li>• Turismo</li> <li>• Agricultura/horticultura</li> <li>• Área recreativa</li> <li>• Recurso conservado.</li> </ul>

### **Planta de tratamiento, edificios de oficinas e instalaciones de mantenimiento**

<b>PROBLEMAS Y CONSECUENCIAS</b>	<b>OPCIONES Y TÉCNICAS</b>
<b>Sal, metales pesados e hidrocarburos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo contaminado</li> <li>• Aguas contaminadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminación</li> <li>• Biodescontaminación</li> <li>• Tratamiento</li> <li>• Aislamiento y encapsulado</li> </ul>
<b>Edificios/infraestructura</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguridad</li> <li>• Contaminación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beneficios para los grupos de interés</li> <li>• Registro de activos</li> <li>• Instalaciones comunitarias o turísticas</li> <li>• Venta</li> </ul>
<b>Servicios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reciclaje</li> <li>• Registro de activos</li> </ul>
<b>Hormigón</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación del suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminación/soterramiento</li> <li>• Reciclaje</li> </ul>
<b>Drenaje</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertido contaminado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparación/modificación, desvío</li> <li>• Colectores de sedimentos</li> </ul>
<b>Patrimonio previo/posterior a la explotación minera</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación de los grupos de interés</li> <li>• Turismo</li> </ul>
<b>Compactación</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revegetación limitada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subsulado profundo.</li> </ul>

### **Poblaciones mineras**

<b>PROBLEMAS Y CONSECUENCIAS</b>	<b>OPCIONES Y TÉCNICAS</b>
<b>Desarticulación social</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desempleo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implicación de los grupos de interés</li> <li>• Orientación/recapacitación/colocación</li> <li>• Reubicación</li> </ul>
<b>Pérdidas económicas regionales</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quiebra de pequeñas empresas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capital inicial para nuevas industrias alternativas</li> <li>• Compromiso a largo plazo de los grupos de interés</li> <li>• Fomentar una industria sostenible</li> </ul>
<b>Servicios sociales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implicación de los grupos de interés</li> <li>• Respaldo a las opciones alternativas</li> </ul>
<b>Infraestructuras/edificios de las poblaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compromiso por parte de los grupos de interés de informar sobre la planificación del cierre</li> <li>• Venta</li> <li>• Retirada</li> <li>• Transferencia de activos.</li> </ul>

## Presas de almacenamiento de agua

PROBLEMAS Y CONSECUENCIAS	OPCIONES Y TÉCNICAS
<b>Alteración de los ecosistemas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacto en las cuencas de captación</li> <li>• Impacto sobre la flora y fauna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cercado</li> <li>• Muro de barrera</li> <li>• Rehabilitar</li> <li>• Restablecer el drenaje natural</li> </ul>
<b>Presas de agua de procesamiento</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aguas/suelos contaminados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar el agua y dragar a través de la planta (operativo)</li> <li>• Rehabilitar</li> </ul>
<b>Sedimentación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de drenaje</li> </ul>
<b>Ensombrecimiento de zonas aguas abajo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de vegetación</li> <li>• Degradación del suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de drenaje</li> </ul>
<b>Estabilidad a largo plazo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fallos de las paredes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis geotécnico y evaluación de riesgos</li> </ul>
<b>Calidad de agua</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salinidad</li> <li>• Nutrientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de caudal circulante</li> <li>• Gestión de las cuencas de captación</li> </ul>
<b>Seguridad</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños o muerte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restringir el acceso (cercado)</li> </ul>
<b>Usos del terreno posteriores a la explotación minera</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recreativo</li> <li>• Pastoreo</li> <li>• Aprovechamiento hídrico</li> <li>• Transferencia de activos</li> <li>• Otro uso decidido por los grupos de interés</li> </ul>

## Infraestructura de servicios

PROBLEMAS Y CONSECUENCIAS	OPCIONES Y TÉCNICAS
<b>Servicios en superficie (tales como tendidos eléctricos, carreteras, vías férreas, pistas de aterrizaje, campos de perforación o puertos)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación del suelo</li> <li>• Obstrucción del drenaje</li> <li>• Pérdida de vegetación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación de los grupos de interés</li> <li>• Retirada de las infraestructuras</li> <li>• Rehabilitar</li> <li>• Restablecimiento del drenaje</li> <li>• Transferencia de activos</li> </ul>
<b>Servicios soterrados (tales como tendidos eléctricos o tuberías)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pueden quedar expuestos durante la rehabilitación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependiendo de la profundidad, dejarlos soterrados</li> <li>• Retirar y salvaguardar</li> <li>• Rehabilitar</li> </ul>
<b>Chimeneas de ventilación/vías de evacuación y túneles de servicio</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños o muerte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rellenar y tapar con hormigón</li> <li>• Eliminación de residuos.</li> </ul>

# APÉNDICE 3: PLAN DE ELIMINACIÓN DE RELAVES

Antes de que la deposición de relaves cese, una actividad de práctica líder consiste en planear proactivamente el desmantelamiento y la rehabilitación de las instalaciones, iniciados por el operador y con asistencia de especialistas en desmantelamiento, que coordinan las especialidades adecuadas según las necesidades. Como mínimo, se necesitarán especialistas ingenieros, geotécnicos y ambientales. Normalmente se necesitan hidrólogos (aguas subterráneas y superficiales) y geoquímicos para proporcionar un plan conceptual de desmantelamiento completo y adecuado.

Un plan de desmantelamiento ofrece una evaluación detallada de la situación actual de la instalación, así como de cualquier futura obra de ingeniería propuesta como parte del cierre definitivo y la rehabilitación de las TSF.

Cabe esperar que un plan de desmantelamiento o una TSF incluyan:

- una descripción general de todas las instalaciones, historial de depósitos, técnicas de construcción empleadas y procedimiento operativo
- un análisis del estado general de la construcción y los relaves que contiene
- la topografía actual así como su relación con el diseño definitivo de la geometría y el cierre del depósito
- un plan de evaluación de la instalación actualizado (el cual muestre los trabajos, pasados y futuros, de movimiento gradual de tierras)
- una conciliación de los volúmenes almacenados y las densidades estimadas (así como sedimentación actual) con los valores esperados en el informe de diseño
- un análisis de los resultados de todas las diversas formas de control y revisión formal
- una evaluación de las propiedades de los relaves *in situ*; físicas, geoquímicas y caracterización edáfica; estabilidad geotécnica, estructural y durabilidad, así como probabilidad de resistencia a la erosión
- los materiales contenidos, las posibles repercusiones del cierre, incluida una caracterización toxicológica y radiológica, de ser necesario
- un plan integral de cierre para la superficie de la TSF, que aborde factores tales como la retención del drenaje de lluvia incidente, los tipos de cubierta requeridos y la revegetación de relaves cubiertos o descubiertos
- estrategias de gestión de inundaciones a largo plazo, así como una estrategia para la contención o depósito del agua de lluvia por un posible caso de precipitaciones máximas
- las fuentes y propiedades de los materiales a emplear en el desmantelamiento, la cubierta de cierre y el proceso de rehabilitación
- trabajos propuestos de drenaje superficial
- diseño de ingeniería civil, construcción y riesgo de tormentas así como de mantenimiento continuo
- el estudio y gestión del riesgo de sucesos extremos tras el cierre (como sequías, inundaciones, incendios, seísmos)
- el tratamiento de la superficie para minimizar la erosión (mediante cubierta rocosa y/o vegetación), al tiempo que se mantiene la vegetación y se da paso al diseño de la rehabilitación y los trabajos de estabilización propuestos
- los requerimientos de supervisión y auditoría del proceso de cierre y cuidado posterior.

Tras el desmantelamiento de la TSF, una persona competente debe evaluar la instalación y redactar un informe que:

- incluya un peritaje final e información completa
- señale las desviaciones del plan de desmantelamiento original del modo en que fue aprobado e implementado
- haga una descripción del cumplimiento previsto por los programas de supervisión establecidos
- proporcione un cronograma previsto para la supervisión, así como para la retirada planificada y reducción paulatina de las responsabilidades legales.

# GLOSARIO Y ACRÓNIMOS

## **Abatimiento de talud**

Rebajar o ataludar el lomo de una pared en ciclos sucesivos.

## **Administración**

Programa integral de medidas destinadas a garantizar que todos los materiales, procesos, bienes y/o servicios que se producen, consumen y disponen a lo largo de la cadena de valor se gestionen de forma social y medioambientalmente responsable. Engloba la administración de productos, procesos y recursos. También se conoce como *administración de materiales*.

## **Administración de recursos**

Comprende un programa de medidas para garantizar que los *inputs* de recursos en un proceso, incluidos minerales, agua, productos químicos y energía, se usen de la manera más eficiente y apropiada.

## **Agua sobrenadante**

El agua estancada sobre una superficie de relaves tras la sedimentación de la pasta de relaves depositada.

## **Agua superficial**

Toda agua natural expuesta a la atmósfera, a excepción de océanos y estuarios.

## **Aguas subterráneas**

Agua por debajo de la superficie terrestre que rellena los poros existentes en materiales porosos (como suelo, roca, carbón y arena) y que normalmente forma acuíferos. En algunas jurisdicciones, la profundidad por debajo de la superficie del suelo también se emplea para caracterizar el término (aunque diferentes estados pueden utilizar diferentes profundidades).

## **Análisis de la función de los ecosistemas**

Un procedimiento que utilizan algunas minas para evaluar la función y recuperación de los ecosistemas tras su alteración. Consta de tres componentes: análisis de la función del paisaje, dinámica de la vegetación y complejidad del hábitat.

## **Análisis del riesgo**

El procedimiento sistemático utilizado para entender la naturaleza del riesgo y reducirlo. Proporciona la base para la evaluación del riesgo y toma de decisiones para tratarlo.

## **Análogo**

Un recurso no explotado que se puede comparar con otro que sí lo está.

## **Análogo natural**

Un terreno no explotado que se puede comparar con un terreno afectado por las actividades mineras con objeto de desarrollar terrenos sostenibles tras la actividad minera.

## **Ángulo de reposo**

El máximo ángulo desde la horizontal con el cual un material dado puede descansar sobre una determinada superficie sin deslizarse ni rodar.

## **Autoridad competente**

Un organismo gubernamental con potestad para autorizar las actividades asociadas al proceso de cierre.

### **Balance ácido-base**

Técnica analítica que determina la máxima acidez potencial que puede generarse por oxidación de sulfuros, en comparación con el potencial de neutralización de rocas o relaves. También se usa para predecir la capacidad del material para ser generador de ácido, neutro o generador de álcali.

### **Barrera de capilaridad**

Capa de material grueso colocada con un ascenso capilar limitado entre materiales de textura más fina para prevenir el movimiento vertical del agua (y sales asociadas) por tensión superficial, desde los materiales de textura fina de la zona inferior hacia los de textura fina de la zona superior.

### **Berma**

Escalón o cornisa horizontal construida sobre un terraplén o pared inclinada para cortar la continuidad de lo que, en caso contrario, sería un largo talud, bien para fortalecer e incrementar la estabilidad del talud, bien para recoger o detener los materiales deslizados, bien para regular el flujo de escorrentía y la erosión.

### **Biodiversidad**

La variedad de vida en nuestro planeta, cuantificable como la variedad intraespecie, interespecie y la variedad de ecosistemas.

### **Cara exterior o aguas abajo**

Perímetro externo de una TSF expuesto al medioambiente.

### **Cese**

Aprobación formal por parte del organismo regulador competente que indica que los criterios de finalización de la mina se han cumplido de conformidad con las autoridades.

### **Ciclo de vida**

Todas las etapas en la producción de un producto o el desarrollo de una mina. Una empresa tiene que examinar cada paso en el ciclo vital de un producto, incluidos los que se ignoran con facilidad, como el destino del producto después de su vida útil. Estos pasos suelen incluir la extracción y el procesamiento de materiales; fabricación, transporte y distribución; utilización, reutilización, mantenimiento; reciclado y eliminación final.

### **Cobertura del suelo**

Una o más capas de materiales similares al suelo que se prevé limiten la percolación del agua de lluvia o la entrada de oxígeno, o ambos, en los materiales generadores de ADM.

### **Compromiso con la comunidad**

Cooperación voluntaria y estratégica con las comunidades y personas que viven muy cerca de la explotación minera y podrían verse afectadas por ella. Un compromiso eficaz normalmente pasa por identificar y priorizar los grupos de interés, dialogar para comprender sus intereses en un asunto, así como todas las inquietudes que puedan tener, estudiar con ellos las formas de abordar tales cuestiones y comunicarles las medidas que se adopten.

### **Comunidad**

En el ámbito de la industria minera, los habitantes de las zonas cercanas y aledañas afectados por las actividades de la explotación minera. Por «comunidad local» suele entenderse la comunidad en la que se ubican las operaciones y puede incluir población indígena y no indígena.

### **Conductividad hidráulica**

Una medida de la capacidad de un material poroso para permitir el paso del agua. También se conoce como permeabilidad (hídrica).

**Consulta**

Proporcionar información o asesoramiento, así como buscar respuestas, sobre un evento, actividad o proceso actual o propuesto.

**Control del riesgo**

Procedimiento, política, estrategia, práctica o cualquier otra medida de actuación para mitigar el riesgo negativo o mejorar las oportunidades positivas.

**Criterios de finalización**

Estándares o niveles de eficacia convenidos que indican el éxito de la rehabilitación y capacitan al operador para determinar cuándo termina su responsabilidad en la zona.

**Criterios de riesgo**

Los términos de referencia para evaluar la magnitud de un riesgo.

**Cubierta hídrica**

La capa de agua superficial (por ej., en una instalación de almacenamiento de relaves o una cantera) o agua subterránea (por ej., en una cantera rellenada) cuyo propósito es limitar la entrada de oxígeno hasta los materiales generadores de AMD.

**Cuidado y mantenimiento**

Es la etapa que sigue al cese temporal de las operaciones, cuando la infraestructura, las instalaciones y la maquinaria permanecen intactas y se mantienen a la espera de reanudar la producción. También puede ser denominada como «cierre temporal». A un emplazamiento de este tipo se le puede considerar «inactivo».

**Datos de referencia**

Estudios que se realizan para describir las condiciones existentes antes de adoptar una medida.

**Desarrollo sostenible**

Desarrollo que cumple con las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer las suyas propias.

**Descontaminación**

Limpiar o mitigar la contaminación de suelos o aguas contaminados.

**Desecación**

Secado, consolidación y agrietado de la superficie de relaves por evaporación solar.

**Deshidratado**

Eliminación del agua de la pasta mediante espesado, filtrado o centrifugado.

**Desmantelamiento**

Comienza con el cese de la producción, cuando se interrumpe el suministro de electricidad y agua a la infraestructura, planta y equipamiento. Normalmente incluye la retirada (desmontaje o destrucción) de instalaciones y maquinaria no deseadas. Las instalaciones específicas pueden desmantelarse y retirarse cuando ya no sean necesarias, mientras prosiguen las operaciones de extracción y procesamiento.

**Dique**

Un muro de contención de tierra. Un terraplén bajo que suele construirse en torno a zonas de posible ocurrencia de derrames para reducir el riesgo de contaminación medioambiental, al retener cualquier cantidad potencial de derrame.

**Drenaje ácido de mina (AMD)**

Drenaje ácido procedente de residuos mineros, que resultan de la oxidación de sulfuros como la pirita.

**Drenaje ácido y metalífero**

Comúnmente denominado «drenaje ácido de mina» o «drenaje ácido de roca», comprende tanto el drenaje ácido como el cuasineutro, pero metalífero.

**Drenaje inferior**

La aplicación de drenajes bajo un depósito de relaves para facilitar que drenen hacia abajo.

**Ecosistema**

Un sistema cuyos miembros se benefician con la participación de los demás a través de relaciones simbióticas (relaciones de suma positiva). Es un término procedente de la biología que se refiere a sistemas autosuficientes.

**Ecosistema funcional**

Un ecosistema que es estable (no está sujeto a tasas de erosión elevadas); es eficaz en la retención de agua y nutrientes; y es autosuficiente.

**Encapsulado**

Rodear un desecho reactivo con materiales inocuos que lo aíslan de la entrada del flujo de oxígeno y/o agua.

**Especies endémicas**

Plantas o animales autóctonos limitados a un área o región geográfica concretas.

**Especies pioneras**

Las primeras especies en recolonizar una zona alterada.

**Especies recalcitrantes**

Especies difíciles de reasentar.

**Estimación según las NIIF (Normas Internacionales de Información Financiera)**

Solamente incluye el pasivo existente a fecha de presentación del balance de situación (31 de diciembre o 30 de junio).

**Estimaciones deterministas**

Cálculos del valor (coste o beneficio) del resultado de un suceso que pudiera ocurrir, expresado como un solo valor medio o valor de la moda, o bien como un conjunto de valores individuales (p. ej.: mínimo, máximo, óptimo).

**Evaluación del riesgo**

El proceso de comparar el nivel de riesgo con los criterios de riesgo.

**Evaporación**

El proceso por el cual el agua se convierte de líquido a vapor y se desvanece en la atmósfera.

**Exploración**

La búsqueda de yacimientos minerales. Incluye la delimitación del yacimiento mediante perforación y muestreo.

**Explotación minera**

La extracción, concentración y/o fundición de minerales de relevancia económica provenientes de un yacimiento. Incluye la exploración, el desarrollo de depósitos minerales, la construcción de la mina y las explotaciones mineras (extracción y procesamiento del mineral) y el cierre.

**Geomembrana**

Una lámina de baja permeabilidad, como el polietileno de alta densidad.

**Geotécnica**

La ingeniería de estructuras de tierra o subterráneas.

**Gestión adaptativa**

Proceso sistémico para mejorar de manera continua las políticas y prácticas de gestión a partir de lo aprendido de los resultados de los programas operativos. La *Guía de buenas prácticas sobre minería y biodiversidad* del ICMM se refiere a la gestión adaptativa como «hacer–supervisar–evaluar–corregir».

**Gestión de relaves**

Manejar los relaves durante su ciclo vital, lo cual incluye su producción, transporte, ubicación y almacenamiento, así como el cierre y rehabilitación de las instalaciones de almacenamiento de relaves.

**Gestión del riesgo**

El procedimiento y las estructuras dirigidos a identificar las posibles oportunidades mientras se gestionan los efectos adversos.

**Grupos de interés**

Las personas y organizaciones que pueden influir, verse afectadas o percibirse a sí mismos como afectados por una decisión, actividad o riesgo.

**Impacto ambiental**

Daño perjudicial para el medio ambiente.

**Impacto en la comunidad**

Efecto nocivo para la comunidad vecina.

**Indicador ambiental**

Un parámetro (o valor derivado de un parámetro) que proporciona información sobre un fenómeno ambiental.

**Instalación para almacenamiento de relaves (TSF)**

Una zona usada para contener relaves. Su función principal es lograr la sedimentación, consolidación y desecación de sólidos y facilitar la recuperación o eliminación del agua sin producir impactos en el medio ambiente. Se refiere a la instalación completa y puede incluir uno o más almacenamientos de relaves.

**Licencia para operar**

El permiso que da el gobierno mediante instrumentos jurídicos formales y acuerdos legales a la industria minera para llevar a cabo la actividad minera y producir minerales a partir de operaciones específicas.

**Licencia social para operar**

El reconocimiento y aceptación de la contribución de una empresa a la comunidad en la que opera, que va más allá del cumplimiento de los requisitos legales para desarrollar y mantener relaciones constructivas con los grupos de interés, necesarias para la sostenibilidad empresarial. En suma, el esfuerzo empresarial por mantener relaciones basadas en la honestidad y el respeto mutuo.

**Lixiviación en pilas**

Usar productos químicos para disolver minerales o metales a partir de una pila de mineral. Durante la lixiviación en pilas del oro, una solución de cianuro percola a través del mineral triturado y apilado sobre una plataforma o plataformas base impermeables.

### **Lugar contaminado**

Un sitio en el cual hay una concentración de sustancias peligrosas por encima de los niveles de referencia y en el que las evaluaciones indican, o es probable que indiquen, un peligro inmediato o a largo plazo para la salud humana o el medio ambiente (Medida nacional para la protección del medio ambiente —evaluación de la contaminación de emplazamientos, 1999).

### **Método, construcción o levantamiento ascendentes**

La construcción de los muros de contención de relaves en sentido ascendente, sobre la parte superior de los relaves consolidados y desecados, utilizando roca estéril o relaves.

### **Mina huérfana**

Una mina abandonada que, o bien carece de responsables, o bien estos no pueden ser localizados.

### **Mina o yacimiento abandonados**

Mina en la que ya no existen concesiones mineras o derechos sobre ella, y la responsabilidad de la rehabilitación no se puede atribuir a la persona, empresa u organización administradora de las actividades mineras iniciales.

### **Modelo de bloques**

Modelo tridimensional de la distribución de minerales y materiales residuales con diferentes propiedades geoquímicas (minas metalíferas).

### **Organizaciones no gubernamentales (ONG)**

Un grupo o asociación sin fines de lucro organizado fuera de las estructuras políticas institucionalizadas y con objetivos sociales concretos (por ejemplo, la protección del medio ambiente), o que trabaja para conjuntos concretos de personas (como comunidades indígenas). Las actividades de las ONG van desde la investigación, la distribución de información, la capacitación, la organización local y el servicio a la comunidad, hasta servicios de apoyo legal, presión para cambios legislativos y la desobediencia civil. Su tamaño varía, pueden ser grupos pequeños dentro de una comunidad en particular o grupos muy grandes con alcance nacional o internacional.

### **Participación**

En su aspecto más simple, es la comunicación eficaz con la gente que afecta a las actividades de una empresa y se ve afectada por ellas (sus grupos de interés). Un proceso de participación adecuado suele conllevar el hecho de identificar y dar prioridad a los grupos de interés; mantener conversaciones para comprender sus intereses en una cuestión determinada, así como todas las preocupaciones que puedan tener al respecto; estudiar con ellos las maneras de hacer frente a esas cuestiones; y proporcionarles *feedback* sobre las medidas adoptadas. A un nivel más complejo, la participación permite negociar en cuanto a resultados acordados sobre cuestiones de preocupación o interés mutuos.

### **Pasta**

Un sólido finamente dividido que resulta de los espesadores.

### **Pasta de relaves**

Sólidos de relave incorporados al agua de procesamiento que se producen en la planta de procesamiento con una baja densidad, los cuales se estancan en un talud plano, se segregan por el estancamiento y producen considerable agua sobrenadante.

### **Peligro**

Una fuente de posible daño.

### **Pila de acopio de mineral de bajo grado**

Material que se ha sometido a un proceso de minería y apilado, con suficiente valor para justificar un procesamiento, ya sea mezclado con rocas de alto grado después de que el mineral de alto grado se haya agotado, pero que suele quedar como «desecho».

### **Planificación del cierre**

Es un proceso que se extiende a lo largo de la vida de la mina y que suele culminar en el cese de la propiedad. Incluye el desmantelamiento y la rehabilitación. El término simple «cierre» a veces se utiliza para indicar el momento en el que las operaciones cesan, la infraestructura se retira y la gestión del sitio queda limitada, mayormente, a labores de seguimiento (ICMM).

### **Prácticas líderes**

Las mejores prácticas disponibles que promueven el desarrollo sostenible.

### **Procedencia local**

Plantas cuyo origen autóctono es cercano al del que se implantará (por ejemplo, de la misma zona).

### **Propietario**

El dueño de la plena propiedad, el titular de la concesión o cualquier persona u organismo que posea o haya obtenido el derecho de arrendamiento o de plena propiedad.

### **Provisión de cierre**

Dotación contable basada en la estimación del coste de las actividades de cierre.

### **Rebosamiento**

Agua o lodo de relaves que desborda la cima de la estructura de contención.

### **Recuperación**

Tratamiento del terreno previamente degradado, y a menudo contaminado, para lograr un fin útil. Con frecuencia se utiliza fuera de Australia en lugar de «rehabilitación».

### **Rehabilitación**

La vuelta de una TSF a un estado seguro, estable y no contaminante a largo plazo, teniendo en cuenta los usos beneficiosos del área y los terrenos circundantes.

### **Relaves**

Una combinación del material sólido de grano fino que permanece después de que los metales y minerales recuperables se hayan extraído del mineral triturado y molido procedente de la minería, así como de agua de procesamiento remanente.

### **Relaves espesados**

Relaves espesados hasta una alta densidad, que se estancan en un talud más escarpado y se segregan menos que la pasta de relaves, produciendo mucha menos agua sobrenadante.

### **Relleno**

Llenado completo de una excavación o hueco.

### **Residuo reactivo**

Desecho que reacciona ante la exposición al oxígeno.

### **Revestimiento**

Una base de baja permeabilidad constituida por arcilla compactada y/o una geomembrana o membrana geosintética (arcilla dentro de un «sándwich» geotextil).

### **Ribereño**

Que pertenece a, o que está situado en, la orilla de una masa de agua, especialmente una corriente de agua, como un río.

**Riesgo**

La posibilidad de que suceda algo que tenga impacto sobre los objetivos. Suele especificarse en términos de evento o circunstancia y sus consecuencias derivadas.

**Riesgos estratégicos**

Riesgos vinculados a las interrelaciones entre las actividades de una operación y el marco general de los negocios.

**Riesgos operativos**

Aquellos centrados en los aspectos de una operación que pueden ser más sistémicos del proceso minero y de las operaciones cotidianas de una mina.

**Roca estéril**

Roca sin valor económico extraída del suelo durante una operación minera para poder acceder al mineral.

**Sedimentación**

La separación de los sólidos de una pasta acuosa.

**Seguridad**

Un instrumento financiero presentado ante la autoridad responsable, suficiente para cubrir el coste estimado del cierre.

**Sistema de control del filtrado**

Puede incluir un cimientado compactado o revestimiento (arcilla compactada o geomembrana), y un sistema inferior de recogida del drenaje.

**Sistema de gestión ambiental**

Una herramienta para la gestión del impacto de una organización sobre el medio ambiente. Suministra un enfoque estructurado para planificar e implementar medidas de protección ambiental.

**Sucesión**

El proceso natural de cambio en una comunidad que culmina en el desarrollo máximo de la comunidad de la zona.

**Suelo dispersivo**

Suelo estructuralmente inestable que se dispersa en el agua en partículas básicas (como arena, limo y arcilla). Los suelos dispersivos tienden a ser muy erosionables y presentan problemas para la gestión eficaz de las labores de movimiento de tierras.

**Tenencia**

Un instrumento jurídico que otorga acceso al terreno con fines de explotación.

**Terraplén**

Pared de contención de agua o relaves.

**Tiempo de demora**

Tiempo transcurrido entre la alteración o exposición de materiales generadores de ácido y el inicio del drenaje ácido.

**Uso del suelo posterior a la explotación minera**

Utilización del suelo que ocurre después del cese de las operaciones de explotación minera.

**Valor actual neto (VAN)**

Es una medida utilizada para decidir si realizar o no una inversión. Se calcula sumando todos los beneficios previstos de la inversión y sustrayendo todos los costes previstos de la inversión, presentes y futuros. Si el VAN es negativo, entonces no se justifica realizar la inversión según los rendimientos previstos. Si el VAN es positivo, la inversión tiene una justificación económica.

**Valor perdurable**

Marco de la Industria Minera Australiana para el Desarrollo Sostenible. Fue establecido por el Consejo de Minería de Australia y se alinea con las iniciativas de la industria a nivel mundial; en particular, presta orientación fundamental sobre los Principios del Marco para el Desarrollo Sostenible del Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM) y su implementación en el nivel operativo. Para más información: Consejo de Minería de Australia (MCA, 2004).

**Vegetación remanente**

Vegetación autóctona que queda tras producirse una deforestación.

# REFERENCIAS

ANCOLD (Australian National Council on Large Dams) (2012), *Guidelines on tailings dams: planning, design, construction, operation and closure*, Hobart: ANCOLD.

Anderson, K, Lacy, H, Jeanes, B, Bouwhuis E (2002), 'Ecosystem function analysis monitoring of the decommissioned Bottle Creek mine site (1998–2001)', in proceedings of a biannual workshop, Kalgoorlie: Goldfields Environmental Management Group.

ARPANSA (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency) (2005), Code of practice and safety guide: radiation protection and radioactive waste management in mining and mineral processing, ARPANSA, <http://www.arpansa.gov.au/pubs/rps/rps9.pdf>.

Bennett, K, Lacy, H (2012), 'Closure planning and decommissioning of tailings storage facilities', in Fourie, AB, Tibbett, M, *Mine closure 2012*, proceedings of the Seventh International Conference on Mine Closure, Australian Centre for Geomechanics.

Brereton, D, Franks, DM, Everingham, J, Porter, M. (2012), *Governance strategies to manage and monitor cumulative impacts at the local and regional level*, Australian Coal Association Research Program project C19025 final report, Centre for Social Responsibility in Mining, University of Queensland, Brisbane.

Brundtland Report (1987), *Report of the World Commission on Environment and Development: Our common future*, World Commission on Environment and Development, Oxford University Press.

Cavaye, J (2003), *National Action Plan for Salinity and Water Quality: integrating economic and social issues in regional natural resource management planning*, Queensland Department of Natural Resources, Mines and Water, [http://www.dpi.nsw.gov.au/data/assets/pdf\\_file/0007/286999/integrating-economic-and-social-issues-in-regional-natural-resource-management-planning.pdf](http://www.dpi.nsw.gov.au/data/assets/pdf_file/0007/286999/integrating-economic-and-social-issues-in-regional-natural-resource-management-planning.pdf).

CERCLA (1980), *The Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act of 1980, enforced by Environmental Protection Authority (EPA)*, Office of the Law Revision Counsel of the US House of Representatives.

CSIRO–BoM (CSIRO and Australian Bureau of Meteorology) (2007), *Climate change in Australia: technical report 2007*, CSIRO.

Cubasch, U, Wuebbles, D, Chen, D, Facchini, MC, Frame, D, Mahowald, N, Winther J-G (2013), 'Introduction', in Stocker, TF, Qin, D, Plattner, G-K, Tignor, M, Allen, SK, Boschung, J, Nauels, A, Xia, Y, Bex, V, Midgley, PM (eds), *Climate change 2013: the physical science basis*, contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.

DIIS (Department of Industry, Innovation and Science) (2016a), *Biodiversity management*, Australian Government, Canberra

DIIS (Department of Industry, Innovation and Science) (2016b), *Community engagement and development*, Australian Government, Canberra.

DIIS (Department of Industry, Innovation and Science) (2016c), *Mine rehabilitation*, Australian Government, Canberra.

DIIS (Department of Industry, Innovation and Science) (2016d), *Preventing acid and metalliferous drainage*, Australian Government, Canberra.

Duinker, P, Greig, L (2007), 'Scenario analysis in environmental impact assessment: improving explorations of the future', *Environmental Impact Assessment Review*, 27(3):206–219.

Envac (Environment Security Initiative) (2005), *Mining for closure: policies and guidelines for sustainable mining practice and closure of mines*, South East Europe, UNEP, UNDP, OSCE, NATO.

Haymont, R, Clements, E, Lacy, H (2008), 'Closure through a process of collaboration: suggestions as to how mining companies and contractors can work together to make closure processes successful', in Fourie, A (ed.), *Proceedings 2008 International Seminar on Rock Dumps, Stockpiles and Heap Leach Pads*, Perth, Western Australia, 5–6 March 2008, Australian Centre for Geomechanics.

Huxham, C (2003), 'Theorizing collaboration practice', *Public Management Review*, 5(3):401–423.

IAEA (International Atomic Energy Agency) (2002), *Monitoring and surveillance of residues from the mining and milling of uranium and thorium*, Safety Reports series no. 27, IAEA, Vienna, [http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1146\\_scr.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1146_scr.pdf).

ICMM (International Council on Mining and Metals) (2003), *Mining, Minerals and Sustainable Development Project: 10 principles*, ICMM, London, <http://www.icmm.com/our-work/sustainable-development-framework/10-principles> (accessed 9 June 2014).

ICMM (International Council on Mining and Metals) (2006), *Planning for integrated mine closure: toolkit*, ICMM, London.

ICMM (International Council on Mining and Metals) (2008), *Planning for integrated mine closure: toolkit*, ICMM, London, ISBN: 978-0-9553591-8-7, Linda Starke (ed.).

ICMM (International Council on Mining and Metals) (2010), *Mining and biodiversity: a collection of case studies*, ICMM, London.

ICMS (International Council on Monuments and Sites) (2013), *The Burra Charter: the Australia ICOMOS Charter for Places of Cultural Significance*, Australia ICOMAS.

INFFER (Investment Framework for Environmental Resources) (2011), Future Farm Industries CRC, [www.inffer.com.au](http://www.inffer.com.au).

Jewell, R (2005), 'Introduction, Section 1', in Jewell, RJ, Fourie, AB (eds), *Paste and thickened tailings: a guide*, 2nd edition, University of Western Australia Press, Crawley, Western Australia.

Lacy, HWB, Barnes, KL (2006), 'Tailings storage facilities decommissioning planning is vital for successful closure', in Fourie, A, Tibbett, M (eds), *Proceedings of the First International Seminar on Mine Closure*, Australian Centre for Geomechanics (pp. 139-148), Perth.

Lacy, H, Bennett, KE (2015), 'Updating Australia's leading practice sustainable development (LPSD) mine closure handbook for 2015: closing the gaps and understanding the mineral resource legacy', in Fourie, AB, Tibbett, M, Sawatsky, L, van Zyl, D (eds), *Mine closure 2015*, InfoMine Inc., Canada, 978-0-9917905-9-3.

Lacy, H, Haymont, R, (2005), *Co-operative partnership and innovation in the planning and execution of the decommissioning of the Mt McClure gold project*, Minerals Council of Australia, Alice Springs.

Lacy, H, Haymont, R (2006), 'Cooperative partnership and innovation in the planning and execution of the decommissioning of the Mt McClure Gold Project', in *Proceedings 2006 Kalgoorlie Workshop*, Goldfields Environmental Management Group, Kalgoorlie, Western Australia.

Laurence, D (2002), 'Optimising mine closure outcomes for the community: lessons learnt', *Minerals and Energy*, (17):27-34.

McCarthy, B, Milsom, J, Logan, S, McDonald, G, Purtill, J. (1998) *Red Dome Mine Closure - Addressing Mine Site Contamination Issues for Lease Relinquishment*. AusIMM '98' - The Mining Cycle, Mount Isa 19-23 April 1998.

Mason, L, Unger, C, Lederwasch, A, Razian, H, Wynne, L, Giurco, D (2013), *Adapting to climate risks and extreme weather: a guide for mining and minerals industry professionals*, National Climate Change Adaptation Research Facility, Gold Coast.

MCA (Minerals Council of Australia) (2004), *Enduring value: the Australian minerals industry framework for sustainable development*, MCA, Canberra.

Millennium Ecosystem Assessment (2005), *Ecosystems and human well-being: synthesis*, Island Press, Washington DC.

Pearman, G (2009), *101 things to do with a hole in the ground*, Post-Mining Alliance, Eden Project, Cornwall, UK.

PMSEIC (Prime Minister's Science, Engineering and Innovation Council) (2005), *Biodiscovery*, PMSEIC, Canberra.

Potts, R, Lacy, H (2008), 'Commitment, experience and teamwork: the key to a successful mine closure works programme at Tanami Mine Site', in Weiersbye, I, Fourie, A, Tibbett, M (eds), *Proceedings of the Third International Seminar on Mine Closure*, Indaba, 14-17 October 2006, Perth, Western Australia.

QEPA (Queensland Environmental Protection Agency) (2006), *Rehabilitation requirements for mining projects*, QEPA, Brisbane.

Scott, PA, Eastwood, G, Johnston, G, Carville, D (2000), 'Early exploration and pre-feasibility drilling data for the prediction of acid mine drainage for waste rock', in *Proceedings of the Third Australian Acid Mine Drainage Workshop*, Townsville.

Slight, M, Lacy, H (2015), 'Managing and estimating closure and reclamation liabilities - a practitioners view. 2015 National Meeting of the American Society of Mining and Reclamation, Lexington, KY *Reclamation Opportunities for a Sustainable Future* June 6–11, 2015. RI Barnhisel (ed.). Published by ASMR, 3134 Montavesta Rd., Lexington, KY 40502.

Standards Australia / Standards New Zealand (2009), *Risk management—principles and guidelines*.

Unger, C, Lechner, AM, Glenn, V, Edraki, M, Mulligan, DR (2012), 'Mapping and prioritising rehabilitation of abandoned mines in Australia', in Fourie, AB, Tibbett, M (eds), *Mine closure 2012*, Proceedings of the Seventh International Conference on Mine Closure, Australian Centre for Geomechanics.

US Congress (2007/2009), *The Hardrock Mining and Reclamation Act* of 2007 (2262) and 2009 (699 and 769), House of Representatives 2007 and 2009, 110th Congress, 2007–2009. Text as of Nov 05, 2007 (Referred to Senate Committee).

Veolia (2016),

<http://www.veolia.com.au/sustainable-solutions/community-development/woodlawn-bioreactor>.



*Programa de Prácticas Líderes (Leading Practice) para el Desarrollo Sostenible de la Industria Minera*