

CIERRE Y REHABILITACIÓN DE MINAS: DESCUBRIENDO AHORROS OCULTOS MEDIANTE PLANEACIÓN CONTINUA Y ESTRATEGIAS INNOVADORAS

Artículo: Nicholas Cristi

Mucho se ha escrito sobre el cierre de minas. En este artículo se resumen algunos de los elementos clave del cierre de minas y se presentan ideas acerca de cómo anticipar futuras disrupciones y optimizar los procesos de cierre y rehabilitación mediante estrategias innovadoras. Estos conceptos tienen el potencial de materializarse en ahorros significativos para las operaciones y al mismo tiempo maximizar los usos, posteriores al cierre, del terreno para las comunidades aledañas.

Todas las minas tienen un periodo de vida, por lo tanto,

la industria minera supone un uso temporal del terreno. En un mundo perfecto, el cierre seguiría un periodo de minado definido y una línea de tiempo específica. En un mundo real, el cierre se ha presentado de manera abrupta por factores externos, tales como: precio bajo de mineral, catástrofes técnicas, consecuencias políticas, presiones sociales, etc.; factores que se encuentra fuera del control directo de la operación.

Históricamente, la industria minera a subestimado los retos a los que se enfrentará durante el cierre. Como resultado de las “lecciones aprendidas”, las mejores

prácticas en la actualidad indican que las minas deben estar “diseñadas para el cierre” y contar con garantías financieras que permita cubrir los pasivos existentes.

Lamentablemente este concepto no ha encontrado una base firme a nivel internacional con todas las empresas y normalmente observamos que un ahorro a corto plazo (caracterización inadecuada de materiales) se impone sobre situaciones negativas inesperadas y costosas que se presentan durante el cierre (segregación y colocación de materiales).



La optimización de la reducción de costos en operaciones mineras inicia con un claro entendimiento de los riesgos y responsabilidades involucradas

En sus términos más generales, el manejo de riesgos aborda la identificación detallada, la evaluación y la mitigación de peligros. Las minas en operación enfrentan una variedad de problemas técnicos complejos durante el cierre de operaciones, muchos de los cuales no ocurren de manera regular. Estas situaciones complejas se magnifican por las implicaciones a largo plazo del cierre de operaciones,

los diseños involucrados y las interacciones imprevistas de los diferentes componentes que entran en juego.

Para navegar dentro de la complejidad del cierre de operaciones, es necesario comprender la severidad desde el punto de vista de la probabilidad y la consecuencia de los peligros. La evaluación errónea del riesgo y la subestimación de costos y responsabilidades presentarían problemas en el peor momento para la operación, justo cuando las ganancias están disminuyendo y el capital se encuentra limitado. Un enfoque holístico para la cuantificación adecuada del riesgo inicia con un análisis

cuantitativo basado en revisión de datos, probabilidades y costos potenciales.

Una vez que se ha cuantificado el riesgo, se procede a la evaluación y desarrollo de estrategias de mitigación, las cuales serán el punto de partida para elaborar un plan innovador enfocado a disminuir las obligaciones asociadas al cierre. Por medio de la ejecución del plan de cierre y el desarrollo de estudios apropiados en tiempos adecuados es posible implementar soluciones que permitan enfrentar los desafíos que actualmente tienen las operaciones en materia de cierre.

Operaciones visionarias que han invertido en planes de cierre lograrán mayores ahorros a través de enfoques y soluciones integradas.

Un plan de cierre es un documento vivo (flexible) que describe el plan para el sitio después del cierre, las actividades que se realizarán para cerrar/rehabilitar el sitio y el costo implicado.

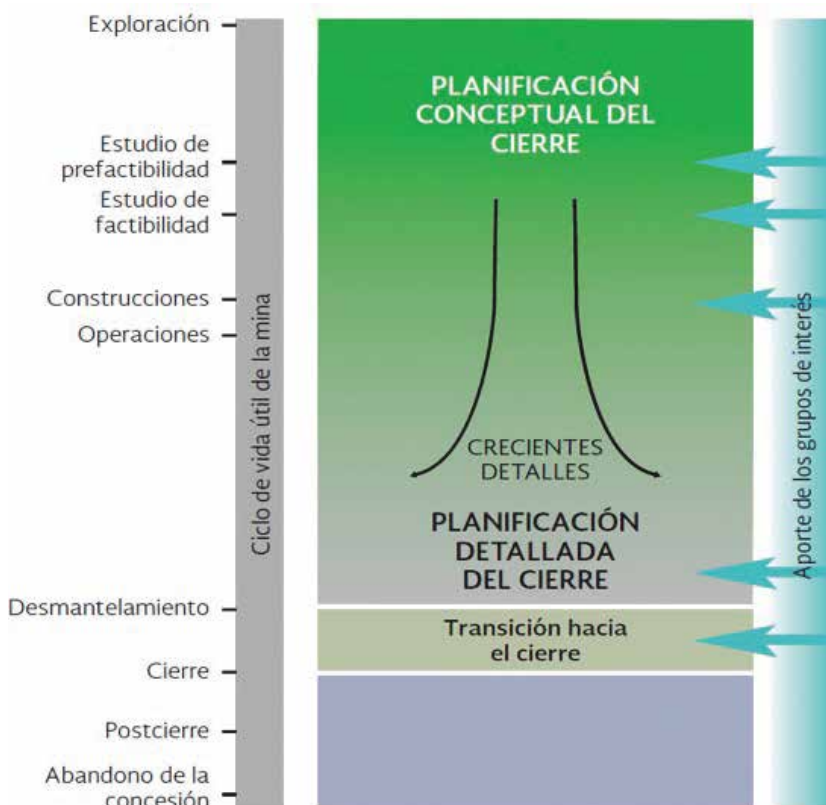
A pesar de que los problemas a enfrentar en el cierre de mina son complicados, debido principalmente a la complejidad de las variables y las fuerzas naturales involucradas, la situación debe ser considerada en toda su complejidad, ya que el verdadero legado de la organización se verá reflejado en las formas finales de relieve y las condiciones ambientales a las que se enfrentarán las comunidades locales.

Un plan de cierre desarrollado de manera adecuada proporciona una visión clara y estructurada que la organización necesita para manejar las responsabilidades a largo plazo. El plan de cierre se convertirá en una guía que permitirá a la operación navegar dentro de la complejidad del proceso para finalmente cumplir con los objetivos post-cierre.

El documento proporciona la estrategia para que las

operaciones diarias de la mina puedan integrar los objetivos de cierre dentro de sus procesos de planificación, aplicaciones de ingeniería y aspectos ambientales.

El enfoque de planeación de cierre promovido por la SEMARNAT sigue el marco de trabajo introducido por la ICMM y reconocido a nivel internacional.



Planificación del Cierre Integrado de Minas, ICMM 2008.

Tal como se muestra en la figura, el proceso de plan de cierre conceptual debe iniciarse tan pronto como sea posible dentro de la vida de la mina y requiere de un compromiso continuo de las partes interesadas. En su etapa conceptual, el plan de cierre se enfoca en los objetivos para el sitio y comienza con una visión objetiva de cómo se verá el sitio una vez restaurado.

Es importante entender que, en esta etapa temprana y abstracta, el plan de cierre conceptual contendrá numerosas suposiciones y estrategias generales para cumplir con los objetivos del cierre.

El valor de este documento inicial consiste en darse cuenta de que la planeación temprana maximiza los beneficios de la identificación



de instalaciones en términos de riesgo ya que permite la priorización para investigaciones en curso y la remediación de áreas de mayor peligro para tomar ventaja de todas las oportunidades de mitigación disponibles y hacerlo lo más pronto posible. El plan de cierre conceptual proporciona información de línea base crítica para los departamentos ambientales y de planeación y juega un papel clave al considerar los aspectos técnicos del cierre de minas, integrando la visión post-cierre y las regulaciones aplicables.

El plan de cierre conceptual debe evolucionar junto con los ciclos de vida de la mina y debe ser

actualizado para reflejar cambios en las operaciones y documentar nuevos riesgos y oportunidades. Conforme la vida de la mina progresa, se realizan nuevos estudios y se documentan nuevos monitoreos ambientales, lo cual permite incrementar el nivel de detalle de los planes de cierre.

Identificar los objetivos del cierre requerirá de una reducción progresiva del riesgo y las incertidumbres, basado en ingeniería, ciencia y resultados. Con la visión del cierre definida y los planes de monitoreo establecidos, el plan de cierre comienza a definir sus suposiciones y progresivamente se convierte en un documento técnico ya que las suposiciones

iniciales son reemplazadas con estudios y datos que se pueden defender.

Un plan de cierre bien definido se puede defender técnicamente y se encuentra enfocado en la granularidad de los métodos para probar y validar que los objetivos finales serán alcanzados. En este nivel de planificación detallada, el documento también debe incluir un estimado de costos requerido para la implementación de la estrategia de cierre y rehabilitación. Debido a que estos costos generalmente se utilizan como garantía financiera, es importante que sean estimados de manera precisa.







Conforme se acerca el cierre, el énfasis en el enfoque se ha transformado de manera integral para analizar tanta información del sitio como sea posible y su interacción con el entorno natural.

Los objetivos del cierre deben reflejar los valores de la empresa en conjunto con las necesidades de las comunidades.

Con la cultura de hoy, consciente de los aspectos sociales y ambientales, las metas de uso productivo del terreno posteriores al cierre se encuentran en un estado de crítico. Los conceptos de uso del terreno van más allá de simplemente devolver el sitio a su uso previo a la minería, ya que las partes interesadas están llevando a las industrias mineras a adquirir estándares cada vez más altos.

Regresar el sitio a su uso de suelo previo a las actividades mineras sigue siendo un objetivo admirable; sin embargo, la relación entre instalaciones de energía renovables y la posibilidad de implementar áreas recreativas (parques públicos) posteriores al cierre está siendo investigadas por sus posibilidades técnicas y factibles ya que la mayoría de la infraestructura ya está instalada y se puede volver a utilizar con un esfuerzo mínimo.

Con estos nuevos enfoques, se crea valor adicional para la organización y se pueden dejar como legado impactos positivos a largo plazo para las comunidades, las cuales tendrán nuevos impulsores para el crecimiento económico y posiblemente nuevas fuentes de empleo.

Otro enfoque innovador que se está examinando cada vez más es explorar la viabilidad económica de reprocesar los residuos mineros para extraer minerales que en algún momento no fueron considerados como aportaciones económicas para el proyecto. En muchos casos, especialmente con las operaciones más antiguas, es posible obtener un beneficio económico evidente para la organización, al mismo tiempo que se confinan los nuevos residuos en instalaciones modernas y diseñadas que cumplen con las regulaciones ambientales actuales y las mejores prácticas internacionales. Un valor compartido se crea a medida que las comunidades reciben un empleo continuo y beneficios ambientales y las empresas convierten sus responsabilidades pasivas en activos generadores de capital.

La estabilidad física y química a largo plazo de las instalaciones sentará la base para cualquier objetivo de uso del terreno posterior al cierre. La importancia de una caracterización adecuada de los materiales no debe subestimarse. En estos principios se incluyen elementos como la consolidación, la infiltración, la erosión y las propiedades geoquímicas, entre otros.





Las caracterizaciones adecuadas de las propiedades de los materiales a corto y largo plazo sentarán la base para el ahorro de costos.

Un plan de cierre actualizado continuamente permite evaluar la interacción entre los diferentes componentes involucrados, tales como: diseños finales, ubicación de residuos mineros, materiales a utilizar durante la construcción, etc.

La caracterización completa de los suelos, los tipos de roca y otros residuos proporcionará la base para la segregación rigurosa y la disposición selectiva de los materiales necesarios para optimizar de la planeación del cierre.

Una vez que cada componente que forma parte de los residuos ha sido caracterizada adecuadamente, se pueden tomar decisiones

acerca de su beneficio óptimo durante el cierre. Cada componente debe ser examinado y clasificado según los beneficios que pueda proporcionar cuando se combina con residuos de diferente naturaleza - como, por ejemplo, cuando se puede usar tepetate como material de cubierta o enrocado en la presa de jales o ser utilizado como un componente de una cubierta diseñada para un fin específico.



La adecuada caracterización y disposición de materiales permite reducir el costo de acarreo y a la vez obtener otros beneficios económicos. Para las operaciones mineras que no cuentan con un plan de cierre adecuado o con los estudios y las caracterizaciones recomendadas, las estrategias para eliminar riesgos de la operación por lo general implican campañas de perforación y muestreo.

Si se implementa y combina de manera adecuada, se pueden lograr ahorros significativos en los costos al integrar los programas geotécnicos, geoquímicos y geológicos (reprocesamiento).

Además, hemos visto los beneficios adicionales de instalar al mismo tiempo la instrumentación de monitoreo a largo plazo en la misma etapa.

Existe una gran cantidad de equipos de monitoreo automatización con posibilidades de integración a los sistemas de telemetría para monitorear los sitios de una forma remota.

El aumento en eficiencia para la operación es obvio, pero la caracterización temprana y la planificación adecuada son los impulsores clave para su implementación exitosa.





La implementación progresiva de la estrategia de cierre durante la vida útil de la mina puede optimizar los recursos capitales.

Cuando las medidas de rehabilitación se implementan progresivamente y están respaldadas por los estudios apropiados para demostrar su efectividad, las operaciones mineras pueden obtener numerosos beneficios durante la fase operativa, incluyendo reducciones en sus obligaciones de cierre y ahorros de costos inesperados.

Las minas en operación deben examinar si tienen la oportunidad de implementar progresivamente su estrategia de cierre a través de un enfoque prudente para la rehabilitación simultánea.

Si un área de la mina ya no está en uso, la operación puede primero realizar lo que esencialmente equivaldría a una prueba de campo para probar el rendimiento de la posible solución de cierre. Se pueden medir las respuestas específicas del sitio y las pruebas de efectividad de los sistemas de cubierta, la protección contra la erosión y las capacidades de crecimiento vegetativo que se implementarán en la fase de cierre.

Estos ensayos de campo sirven como un terreno para pruebas innovadoras para las estrategias de cierre antes de su implementación a gran escala y permiten llevar a cabo un monitoreo continuo, evaluación y retroalimentación de su efectividad.

Estas pruebas a pequeña escala permiten evaluar planes innovadores, ya que las pequeñas áreas involucradas se pueden probar para el éxito o el fracaso con un bajo costo y resultados rápidos. Las iteraciones con cambios en algunas de las variables se pueden volver a realizar de forma rápida y económica en las distintas instalaciones para garantizar el éxito antes de escalar las estrategias innovadoras.

Esta investigación con la implementación de la estrategia de cierre ofrecida por los ensayos de campo son enfoques evolutivos para implementar con prudencia el enfoque tradicional de la rehabilitación simultánea; ya que permite a las empresas probar ideas, explorar diversas alternativas y perspectivas antes de comprometer todos los recursos involucrados.

Los resultados de las respuestas específicas del sitio a la estrategia implementada de cierre (como la reducción de la erosión y la cubierta de vegetación sostenible) tradicionalmente han tardado varios años en establecerse, tal como lo prueban los largos periodos de monitoreo posteriores al cierre. Las minas en operación pueden aprovechar al máximo esta situación si comienzan a probar las estrategias de cierre en etapas tempranas. Los mismos beneficios financieros que ofrece el uso de su propio personal y equipo en lugar de contratistas serán significativos.

Tener conocimiento de primera mano de los resultados de las soluciones de cierre ayudará al equipo de implementación a manejar las relaciones con las partes interesadas y las comunidades cercanas ya que los resultados eliminarán parte de la incertidumbre del plan de cierre y permitirán una retroalimentación más enfocada durante las discusiones.

La transparencia con las partes interesadas durante el proceso de planificación para el cierre reconoce el deber socioeconómico que la operación minera comparte en las comunidades cercanas.

Los objetivos de la responsabilidad social corporativa continúan ganando terreno y cada vez más encontramos políticas internas de cierre a nivel corporativas que llenan el vacío de las regulaciones ambiguas. Estas compañías líderes, con sus sólidos estándares corporativos son conscientes del importante deber que desempeña el cierre adecuado de las operaciones existentes con

sus accionistas, así como con su capacidad para obtener los requisitos necesarios para operar nuevos proyectos.

Las operaciones y las comunidades se unen para ver el valor compartido que se puede crear con sitios cerrados correctamente y asegurando que se cumplan con los objetivos que apoyan el desarrollo sustentable.

La visión de las empresas respecto a la inversión mínima requerida en la planificación adecuada del cierre continúa siendo fuerte y sólida. Esta visión es apoyada durante todo el proceso de implementación con objetivos para monitorear su desempeño en la reducción

progresiva de riesgos, incógnitas y las obligaciones pasivas asociadas. Mediante un enfoque de mejores prácticas para el proceso de planificación de cierre, las empresas demuestran a sus accionistas, instituciones crediticias, al público y a todos los demás interesados que sus operaciones controlan sus responsabilidades financieras, ambientales y sociales.

Los desafíos que se encontrarán durante el cierre de una mina seguramente serán significativos; sin embargo, pueden superarse a través del cauteloso marco de planificación e implementación aquí presentado.



SOBRE EL AUTOR:

Nicholas Cristi es un ingeniero profesional con SRK Consulting (U.S.), Inc. y reside en la oficina de Tucson, AZ (EEUU). Puede ser contactado por correo electrónico: ncristi@srk.com o a través de LinkedIn.

El autor desea agradecer a Rahul Peroor y al Dr. Omar Felix por sus contribuciones a este artículo.