

PLAN DE CIERRE

TABLA DE CONTENIDO

10	PLANES Y PROGRAMAS	1
10.1	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	1
10.1.4	Plan de cierre	1
10.1.4.1	Componentes del cierre.....	6
10.1.4.2	Plan de cierre inicial	7
10.1.4.3	Plan de cierre progresivo.....	26
10.1.4.4	Plan de cierre temporal.....	38
10.1.4.5	Actualizaciones del Plan de Cierre	39
10.1.4.6	Plan de Cierre Final.....	40
10.1.4.7	Plan Post-Cierre	76
10.1.4.8	Áreas Contiguas	85
10.1.4.9	Participación Ciudadana.....	85
10.1.4.10	Consulta de las Normas Locales	86
10.1.4.11	Actualización Final del Plan de Cierre	86
10.1.4.12	Actividades de Post-cierre	87

LISTA DE TABLAS

Tabla 10.1.1 Aspectos básicos del planeamiento minero.....	3
Tabla 10.1.2 Normatividad asociada al Plan de Cierre.....	5
Tabla 10.1.3 Componentes del plan de Cierre.....	6
Tabla 10.1.6 Descripción de unidades homogéneas.....	11
Tabla 10.1.7 Restricciones al uso de la tierra	12
Tabla 10.1.8 Usos finales para el suelo intervenido por el Proyecto Gramalote	13
Tabla 10.1.9 Matriz actualización Plan de Cierre	40
Tabla 10.1.4 Escenarios de llenado del PIT.....	45
Tabla 10.1.5 Gráficas de llenado del PIT	46
Tabla 10.1.10 Parámetros de diseño para el cierre de los depósitos San Antonio y El Balsal	47
Tabla 10.1.11 Parámetros de diseño para el cierre del depósito San Antonio.....	49
Tabla 10.1.12 Parámetros de diseño para el cierre del depósito El Balsal	51
Tabla 10.1.13 Parámetros de diseño para el cierre para el área de manejo de colas60	
Tabla 10.1.14 Resumen de los compromisos adquiridos	73
Tabla 10.1.15 Cronograma general del Proyecto Gramalote	75
Tabla 10.1.16 Cronograma del Plan de Cierre.....	76
Tabla 10.9 Articulación de las actividades del Plan de Cierre con los procesos de gestión del riesgo.....	80
Tabla 10.1.17 Programa de monitoreo de los componentes del proyecto.....	81
Tabla 10.1.18 Actividades de mantenimiento poscierre	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 10.1.1 Principales componentes del proyecto Gramalote	7
Figura 10.1.3 Áreas intervenidas por el proyecto	16
Figura 10.1.4 Visión postcierre del estado final del territorio	17
Figura 10.1.5 Estabilización de taludes.....	20
Figura 10.1.6 Plan de cierre progresivo	27
Figura 10.1.7 Plan de cierre depósito E.	28
Figura 10.1.8 Plan de cierre depósito G.....	29
Figura 10.1.9 Plan de cierre depósito K.	30
Figura 10.1.10 Plan de cierre depósito L.....	31
Figura 10.1.11 Plan de cierre depósito M.....	32
Figura 10.1.12 Plan de cierre depósito O.....	33
Figura 10.1.13 Plan de cierre depósito R.	34
Figura 10.1.14 Plan de cierre depósito El Torito.	35
Figura 10.1.15 Plan de cierre depósito W.	36
Figura 10.1.16 Plan de cierre depósito Guacas.	37
Figura 10.1.17 Conformación Tajo Gramalote	42
Figura 10.1.18 Conformación final ajo Gramalote	43
Figura 10.1.2 Análisis grafico realizado para verificar la correlación de la precipitación y el caudal con el fenómeno ENSO.....	45
Figura 10.1.19 Depósito San Antonio – Operación 2038	53
Figura 10.1.20 Depósito El Balsal – Operación 2037.....	55
Figura 10.1.21 Depósito El Balsal – Operación año 2041	56
Figura 10.1.22 Configuración del depósito San Antonio durante la etapa de cierre final.	57
Figura 10.1.23 Configuración del depósito El Balsal durante la etapa de cierre final	58
Figura 10.1.24 Detalle de revegetalización y distribución de especies en depósitos el Balsal y San Antonio	59
Figura 10.1.25 Configuración del área de manejo de colas – Etapa de Cierre final	63
Figura 10.1.26 Configuración de la plataforma de Planta.....	66
Figura 10.1.27 Configuración de la plataforma de zona de servicios	67
Figura 10.1.28 Configuración de la plataforma de trituración	68
Figura 10.1.29 Configuración de la plataforma de campamentos y oficinas.....	69

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 10.1.4.1 Imagen de Referencia. Presa de relaves rehabilitada, luego de varios años después del cierre de la mina	10
---	----

MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DEL PROYECTO DE MINERÍA DE ORO A CIELO ABIERTO GRAMALOTE

ATENCION A REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN ADICIONAL ACTA 30 DE 30 DE JUNIO DE 2026

10 PLANES Y PROGRAMAS

10.1 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

10.1.4 Plan de cierre

A. Introducción

El Plan de abandono y cierre del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote es el conjunto de actividades que serán implementadas con el fin de facilitar la prevención, control, mitigación y compensación de los impactos generados por el proyecto minero, de tal forma que su legado neto sea positivo.

Estas actividades van desde la preparación de un plan inicial hasta la ejecución de actividades tales como el desmantelamiento de instalaciones, estabilización y rehabilitación de suelos removidos en el proceso de minería, estabilización de las aguas utilizadas en actividades y procesos mineros y revegetación de áreas intervenidas por la actividad. Una adecuada planificación del cierre minero es un ejercicio que agrega valor al reducir los costos del cierre durante la vida útil de la mina y optimiza las opciones de uso del suelo.

Este Plan de Cierre se presenta en el marco de la Modificación de la Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote de acuerdo con el marco conceptual del Plan de Cierre aprobado mediante el Artículo Décimo Tercero de la Resolución 1514 de 2015 (Licencia Ambiental) y modificado en el sentido de adicionar el marco conceptual y acciones aprobadas en la Resolución 00782 de 2019 (primera modificación de Licencia Ambiental).

Como lo establece el Artículo Décimo Tercero de la Resolución 1514 de 2015: *“Con respecto al Plan de Cierre y Abandono. Aprobar el marco conceptual y las acciones planteadas por la Empresa GRAMALOTE COLOMBIA LIMITED, para el cierre y abandono del proyecto GRAMALOTE, el que deberá ser actualizado periódicamente de acuerdo con los cambios presentados durante el desarrollo del proyecto...”*

En este sentido, las acciones establecidas bajo la mencionada resolución no cambian para la presente solicitud de modificación de licencia, teniendo en cuenta que hay cambios en la configuración del tajo, pero no en el método de explotación, por consiguiente, en este documento se adopta la descripción de las medidas conceptuales que se mantienen de

acuerdo con lo autorizado en la Resolución 1514 de 2015, modificada por la Resolución 00782 de 2019.

Consecuente con lo anterior, debido al cambio del estándar y los ajustes en las mallas de recursos y por consiguiente de las reservas del proyecto, los tajos licenciados denominados Monjas y Gramalote Satélite, no son incluidos en el plan minero actualizado, por lo que no serán intervenidos o explotados por el proyecto, por lo que estas obras, incluyendo la actividad de retrolleado asociado a estas, son objeto de devolución y/o exclusión en el trámite actual de modificación, razón por la cual las actividades de cierre aprobadas para estas actividades no son incluidas en esta versión.

El Plan de abandono y cierre hace referencia a cinco momentos específicos concordantes con los términos de referencia para proyectos de explotación minera:

- **Plan de cierre inicial**, que resume de manera general el uso y morfología que se dará al terreno, así como la calidad de los componentes del ambiente abiótico, biótico y socioeconómico.
- **Plan de cierre progresivo**, que incluye las diferentes actividades relacionadas con el cierre que pueden implementarse durante la operación del proyecto.
- **Plan de cierre temporal**, en el que se exponen las actividades mínimas necesarias que deben desarrollarse si se presentaran condiciones adversas que obliguen a la suspensión temporal de actividades, por razones de orden técnico, ambiental, económico, político o financiero.
- **Plan de cierre final**, que incluye diseños geomorfológicos, programas finales de revegetación y desmantelamiento definitivo de estructuras que no prestarán ningún servicio después del cierre.
- **Actividades de poscierre**, que incluyen entre otras el monitoreo físico (estabilidad de taludes), químico (calidad de agua), de fauna y flora (suelo, coberturas vegetales y paisaje) y actividades de mantenimiento asociadas con las medidas de cierre adoptadas.

Tal como lo establece la Resolución 1514 de 2015 (Licencia Ambiental), el Plan de Cierre será objeto de actualizaciones periódicas con el propósito de ajustar aspectos que se identifiquen durante la operación. De igual forma, el planeamiento minero se enfocará en crear condiciones ambientales aceptables, además de la comunicación continua y el compromiso con las autoridades y las comunidades, estableciendo objetivos realistas articulados a través de los planes que permitan potenciar los cambios deseados y evitar o minimizar los no deseados.

B. Objetivos del Plan de Cierre

Para el Plan de cierre para la Modificación de la Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se han establecido los siguientes objetivos:

- Planificar el cierre de cada uno de los componentes del proyecto de acuerdo con los diferentes escenarios del cierre.
- Definir el Plan de cierre inicial con base en el conocimiento actual de la mina y la interrelación de las etapas del proyecto definidas en el Programa de Trabajos y Obras.

- Identificar los componentes con características similares finales que permitan conformar grupos homogéneos (zonificación) que faciliten y orienten el manejo y definición del uso final del territorio intervenido por el proyecto.
- Desarrollar las acciones necesarias para la rehabilitación de las áreas intervenidas, de manera que sean compatibles con los usos del suelo aledaños, sean sostenibles en el tiempo y contribuyan al bienestar de las comunidades del área de influencia del proyecto.
- Establecer las actividades que se efectuarán para lograr el cierre final de cada uno de los componentes del proyecto.
- Precisar los criterios a partir de los cuales se realizará la actualización del Plan de cierre.
- Definir los monitoreos necesarios en cada uno de los escenarios del cierre, con el fin de garantizar que se cumplan los objetivos ambientales, socio-económicos y de uso de la tierra.
- Describir los programas de cuidado y mantenimiento necesarios en caso de presentarse un cierre temporal de la mina.
- Elaborar el cronograma de costos correspondiente al cierre del proyecto, incluyendo el escenario de poscierre.
- Diseñar un modelo de evaluación que permita analizar los resultados de las actividades de cierre que se van implementando de tal forma que se puedan establecer medidas de mejoramiento.

C. Metodología

La metodología general para el desarrollo del cierre del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, en el marco de la Modificación de la Licencia Ambiental, se enmarca en los siguientes pasos:

- Estudio del entorno e implicaciones ambientales
- Formulación de alternativas de cierre inicial
- Formulación del programa de cierre progresivo
- Formulación del Plan de cierre final – Ingeniería de detalle
- Formulación del programa de cierre temporal
- Formulación de las actividades de poscierre
- Cronograma y Presupuesto del cierre
- Evaluación del cierre
- Socialización

En la Tabla 10.1.1 se lista de manera general el desarrollo metodológico vinculando etapas, actividades principales y programas asociados.

Tabla 10.1.1 Aspectos básicos del planeamiento minero

Etapas	Propósito	Actividades principales	Programas y fichas de manejo aplicables	Componentes involucrados
Cierre inicial	Definir el marco conceptual del cierre y los usos finales preliminares; zonificar por unidades	Formulación de alternativas de cierre; definición de unidades homogéneas (áreas en compactación, tajos, espejos de agua, infraestructura vial y de	Lineamientos generales del Plan de Cierre; integración con EOT y participación; sin fichas operativas aún (se activan en progresivo/final).	Tajo Gramalote; área de manejo de colas; sedimentadores; túnel de Guacas; áreas de apoyo (campamentos,

Etapas	Propósito	Actividades principales	Programas y fichas de manejo aplicables	Componentes involucrados
	homogéneas y restricciones; identificar componentes que permanecen y los que se desmantelan.	servicios); lineamientos para sedimentadores (operarán o se colmatan y revegetan); permanencia temporal del túnel de desviación Guacas y esquema de restitución; lineamientos de usos del tajo y área de manejo de colas.		PTAP, PTAR, servicios, vías)
Cierre progresivo	Iniciar, durante la operación, la rehabilitación de áreas liberadas para reducir pasivos y costos de cierre.	Reconformación y readecuación de áreas liberadas (p. ej. depósitos de materiales sobrantes, plataformas); revegetación; estabilización de suelos y manejo de escorrentía; actualización anual de áreas a rehabilitar.	PMA_ABIO_01 (suelo), PMA_ABIO_02 (estériles y escombros), PMA_ABIO_03 (recurso hídrico y control de erosión), PMA_ABIO_04 (aire), PMA_ABIO_09 (paisaje), PMA_BIO_04 (restauración y rehabilitación).	Depósitos y plataformas liberadas; taludes en condición final; canales y drenajes asociados.
Cierre temporal	Asegurar las instalaciones y mantener condiciones seguras/estables ante una suspensión temporal.	Barreras de acceso y vigilancia; señalización; socialización con comunidades; inspecciones geotécnicas semestrales y verificaciones semanales de taludes; limpieza/mantenimiento mensual de canales; riego de vías; monitoreo de sedimentadores; obras temporales de control de escorrentía; control de residuos y prohibición de caza.	Aplicación de rutinas de inspección y mantenimiento bajo los mismos PMA_ABIO_01 (suelo), PMA_ABIO_03 (recurso hídrico y control de erosión), y participación social establecidos en el PMA_SOC_01_ Programa de atención, información y participación comunitaria; focos: seguridad, estabilidad y control de impactos.	Frentes de mina, depósitos, vías, sedimentadores, infraestructura operativa esencial (comunicaciones, agua, seguridad, subestación).
Cierre final	Ejecutar el desmantelamiento, estabilización y rehabilitación definitiva; dejar condiciones estables y compatibles con usos futuros.	Desmantelar/demoler planta e instalaciones (con descontaminación); disposición de residuos; reconformar taludes y reconfigurar suelo (roturación, restitución de edáfico); revegetación; sellar túnel de Guacas y restituir cauce; llenar tajo; adecuar áreas de apoyo; delimitar y señalizar. En área de colas: retirar líneas, construir vertedero de	PMA_ABIO_01/02/03/09, PMA_BIO_04; gestión de residuos y sustancias peligrosas conforme PMA; fichas específicas por componente (planta, combustibles, depósitos, colas) según capítulo de cierre final.	Tajo; depósito de estériles; área de manejo de colas; planta; combustibles; vías; polvorín y áreas de reactivos; campamentos y servicios.

Etapa	Propósito	Actividades principales	Programas y fichas de manejo aplicables	Componentes involucrados
		emergencia, mantener canales, verificar estabilidad, revegetar, cerrar accesos y emitir informe final. En combustibles: desmontar tanques y remediar suelos.		
Pos-cierre	Monitorear y mantener el desempeño del cierre; verificar estabilidad física y química; consolidar restauración y control socioambiental.	Programas de monitoreo (ver Tabla 10.6 y 10.9): estabilidad de taludes (deformaciones, grietas, erosión), calidad de agua (pH, DQO/DBO, metales, sólidos, etc.),	Programas de monitoreo pos-cierre: estabilidad física; recurso hídrico (superficial/subterráneo); restauración y paisaje; componente socioeconómico. Actividades de mantenimiento pos-cierre por componente (tajo, depósitos, colas, vías).	Tajo inundado; embalse de sobrenadantes en colas; depósitos y pilas; sedimentadores; vías; obras hidráulicas.

Fuente: Integral S.A., 2025

D. Marco legal para el cierre

Tabla 10.1.2 Normatividad asociada al Plan de Cierre

Norma	Expede	Descripción
Ley 99 de 1993, Artículo 60	Congreso de Colombia	“por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones”
Ley 685 de 2001	Congreso de Colombia	“Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones”
Decreto 1076 de 2015	Presidente de la República de Colombia	“Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Términos de Referencia para PTO y LTE (MME, 2019 / Resolución 40590 de 2019)	Ministerio de Minas y Energía	“Por la cual se define e implementa un mecanismo que promueva la contratación de largo plazo para proyectos de generación de energía eléctrica complementario a los mecanismos existentes en el Mercado de Energía Mayorista en cumplimiento de los

Norma	Expide	Descripción
		objetivos establecidos en el Decreto número 0570 de 2018”

Fuente: Integral S.A., 2025

10.1.4.1 Componentes del cierre

En la Tabla 10.1.3, se presentan los principales componentes del plan de cierre del proyecto Gramalote, así como en la Figura 10.1.1.

Tabla 10.1.3 Componentes del plan de Cierre

Áreas del proyecto		Aspectos en la Modificación de la Licencia
Áreas de explotación	Tajo Gramalote	No se modifica el marco conceptual y acciones aprobadas. Se generan cambios en geometría y profundidad del tajo.
	Cantera Golder (No Objeto de Modificación)	N.A.
Áreas de beneficio y transformación de minerales	Plataforma Planta	No se modifica el marco conceptual y acciones aprobado. Cambio de ubicación, área, geometría y diseño de la obra.
Áreas para manejo de material sobrante	Depósito San Antonio	No se modifica el marco conceptual y acciones aprobado.
	Depósito El Balsal	Se generan cambios en geometría y diseño de los depósitos mineros.
	Presa y Área de manejo de relaves (colas) (No Objeto de Modificación)	Obra No Objeto de Modificación: Se mantienen las especificaciones definidas en la licencia ambiental vigente.
Instalaciones de soporte minero	Vías	No se modifica el marco conceptual y acciones aprobado. Se generan cambios en las áreas intervención.
	Plataformas e infraestructura asociadas a ellas	No se modifica el marco conceptual y acciones aprobado. Cambio de ubicación, áreas, geometría y diseño de las obras.
	Depósitos de material sobrante de excavación	No se modifica el marco conceptual y acciones aprobado. Cambio de ubicación, áreas, geometría y diseño de las obras.
	Sedimentadores e infraestructura asociada	No se modifica el marco conceptual y acciones aprobado. Cambio de ubicación, áreas, geometría y diseño de las obras.

Áreas del proyecto		Aspectos en la Modificación de la Licencia
	Desvío Guacas (no objeto de modificación)	Obra No Objeto de Modificación: Se mantienen las especificaciones definidas en la licencia ambiental vigente.
	Área de movilidad y multipropósito	No se modifica el marco conceptual y acciones aprobado. Se generan cambios en las áreas intervención.

Fuente: Gramalote Colombia, 2026

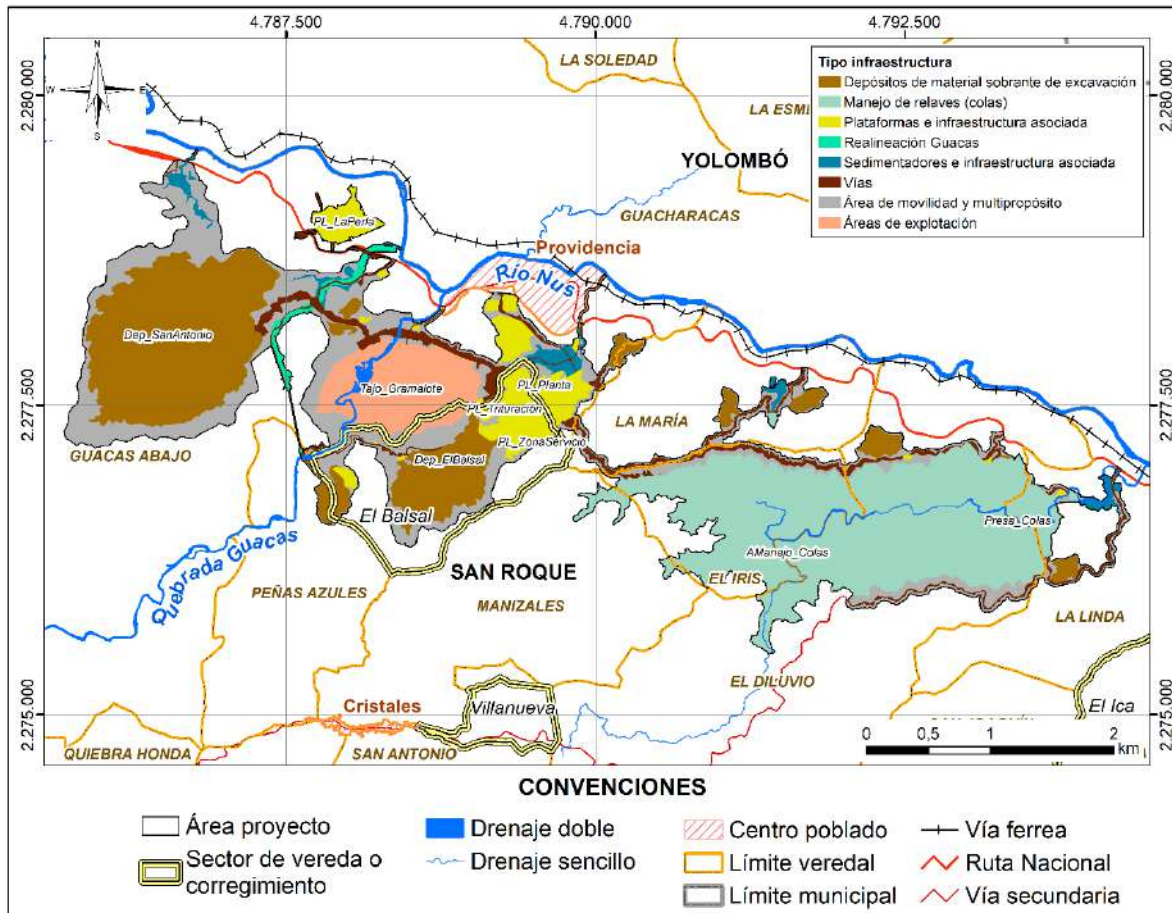


Figura 10.1.1 Principales zonas componentes del proyecto Gramalote

Fuente: Gramalote Colombia, 2026

10.1.4.2 Plan de cierre inicial

El Plan de cierre inicial contempla los escenarios preliminares y las medidas de manejo generales para los cierres progresivo, temporal y final, a partir de lo considerado en las etapas de planeamiento con base en el conocimiento actual de la mina y sus instalaciones asociadas.

En este plan se identifican y formulan las alternativas de cierre de cada uno de los componentes del proyecto, las cuales deben responder tanto a los requerimientos ambientales como sociales del entorno. Algunos de estos componentes serán demolidos una vez culmine el proyecto puesto que no serán de ninguna utilidad bajo las nuevas condiciones de uso de la tierra. Otros, sin embargo, son de gran importancia bajo las nuevas condiciones o su demolición no es posible, pues sus características morfológicas hacen necesaria su permanencia en el sitio. Entre ellos se cuentan el área de manejo de colas, la pila de almacenamiento de mineral, el depósito de estériles, los sedimentadores y el túnel de desviación de la quebrada Guacas.

Los sedimentadores que quedan incluidos en el cierre final se dejarán para que se colmaten de manera natural y posteriormente serán revegetados, evitando de esta manera los impactos que se generarían si se realizara su demolición al finalizar la operación del proyecto. El túnel de desviación de la quebrada Guacas continuará en operación hasta que se cierre el tajo Gramalote, después de lo cual se procederá a su clausura.

La permanencia de los tajos de explotación está dada de igual manera por características morfológicas y propiedades fisicoquímicas de los suelos y químicas de las aguas presentes al finalizar la actividad minera. Por último, la utilidad en los usos posteriores define la permanencia de la mayoría de las áreas de apoyo (campamentos, plantas de tratamiento, planta de residuos sólidos, redes de distribución de aguas y parte de la infraestructura vial, entre otros).

10.1.4.2.1 Componentes del cierre inicial

A continuación, se describirán algunas de las características más relevantes de los componentes residuales al momento del cierre.

A. Sedimentadores

Los sedimentadores asociados a los depósitos de material estéril, de la zona de planta y depósito de mineral, del área de manejo de colas y del pozo de recolección de infiltraciones continuarán funcionando como estructuras de manejo de escorrentía superficial después del cierre de las operaciones mineras buscando que se establezcan condiciones aceptables de calidad de agua por el aporte de material proveniente de las distintas estructuras.

Los sedimentadores estarán conformados por un pequeño dique constituido por material residual y saprolito compactado de baja permeabilidad, con una geomembrana de HDPE (Polietileno de alta densidad) en ambas caras, para prevenir la erosión del material de relleno del dique debido a la fluctuación del nivel de agua dentro del sedimentador. La pendiente de las caras aguas arriba y aguas abajo de los diques será de 3H:1V.

Aunque, los sedimentadores construidos en el proyecto no estarán en servicio finalizada la operación, no se demolerán y se espera su colmatación y revegetación por sucesión natural con el fin de generar los menores impactos posibles desde el punto de vista ambiental.

B. Túnel de **Realineación de la Quebrada Guacas (Obra No objeto de Modificación)**

La estructura de desviación permanecerá hasta realizar el cierre del tajo Gramalote, momento en el cual se restablecerá el cauce de la quebrada Guacas, adaptándose a las

condiciones geomorfológicas del terreno en ese momento y ocupando la misma cuenca (o muy cercana) a la que usaba antes del inicio del proyecto.

La clausura incluirá volver la quebrada a su curso antiguo, el que conducirá el agua hasta el tajo Gramalote. Una vez lleno, el desagüe del tajo se conectará con la cuenca natural del Guacas y continuará hasta unirse con el río Nus, en el mismo punto que lo hace actualmente.

C. Tajo Gramalote

Al finalizar el proceso de excavación minera, el tajo Gramalote se llenará hasta la cota mínima 813,9 m.s.n.m. pudiendo llegar a la hasta la 820,4 m.s.n.m. durante el paso de la creciente máxima probable, conformando un espejo de agua que tendrá una extensión de 55,5 ha a 56,8 ha. El área restante estará conformada por taludes por encima de la cota 820 m.s.n.m. serán revegetadas una vez finalizadas las operaciones mineras.

D. Depósitos de material estéril (DME)

Una vez alcanzada la configuración final de los DME se procederá a conformar las áreas inclinadas con una pendiente máxima de 3H:1V y las áreas horizontales con pendiente de -0.5 % hacia el centro a fin de retener las aguas lluvias que serán luego utilizadas en los procesos de recuperación del suelo que sustentará la vegetación. Las pendientes han sido diseñadas para proveer una estabilidad a largo plazo bajo condiciones de carga sísmica.

E. Área de manejo de colas (Obra No objeto de modificación)

El área para manejo de colas estará en funcionamiento durante toda la operación, al cabo de la cual alcanzará un área aproximada de 316 ha. En esta área se dispondrán las colas provenientes de los procesos de flotación y lixiviación. Durante la operación normal de la planta se generarán aproximadamente 6 Mt por año de colas minerales en forma de pulpa mineral con ~55% de sólidos.

El plan de cierre incluye proveer al talud de las arenas con un ángulo y bermas que faciliten su rehabilitación con un manejo adecuado de aguas para evitar erosión. La Fotografía 10.1.4.1 muestra un caso real de rehabilitación de una presa de relaves mineros, en condiciones climáticas y de pluviometría similares a Gramalote.



Fotografía 10.1.4.1 Imagen de Referencia. Presa de relaves rehabilitada, luego de varios años después del cierre de la mina

Fuente: OceanaGold, Nueva Zelanda

F. Áreas de Apoyo

Las áreas de apoyo serán adecuadas para servir a nuevos proyectos productivos o industriales que se establezcan o se requieran a nivel local, regional o nacional, como por ejemplo hoteles, bodegas, escuelas, hospitales o cualquier otro uso que, al momento del cierre, se defina acorde con la dinámica y necesidades de la región.

Estas áreas ocupan ~25 ha e incluyen los campamentos, oficinas, la planta de tratamiento de agua potable (PTAP), la estación de bombeo, la red de distribución primaria de agua tratada, las plantas de tratamiento de agua residual (PTAR), los parqueaderos no mineros, la zona de servicio, la portería y la planta de residuos sólidos.

G. Vías

El posible uso de las vías que permanecerán al finalizar del proyecto será definido teniendo en cuenta su utilidad para la realización del monitoreo y de las actividades de mantenimiento necesarias durante las etapas de cierre y poscierre y el servicio o uso social que pueden prestar como conexión dentro de las diferentes unidades productivas que se podrían establecer en el área del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote después del cierre de la mina.

10.1.4.2.2 Objetivos ambientales y usos de la tierra

La implementación del Plan de cierre minero se caracteriza por ser un proceso condicionado en gran parte por los factores biofísicos y sociales del área de influencia. Sus acciones involucran, en primer lugar, la consulta con las partes interesadas respecto a determinar el futuro que se quiera dar a las instalaciones, con miras a aprovechar el recurso para mejorar la infraestructura comunitaria de la zona.

El cierre contemplará el desmantelamiento de las instalaciones provisionales y específicas para la actividad minera y la destinación de otras áreas aprovechables, ya sea por privados o por la comunidad, de acuerdo con el potencial que establezca el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de San Roque y las decisiones de Gramalote Colombia.

Buscando lograr una forma a través de la cual se optimicen los espacios, se aproveche el recurso y se tenga en cuenta todas las variables de manejo de un área en la cual se ha desarrollado un proyecto minero, se propone una metodología de agrupamiento de acuerdo con las características del sitio y el uso que se le dio durante la operación, para proyectar el uso final del territorio.

10.1.4.2.3 Definición de unidades homogéneas y zonificación por restricciones al uso del suelo

El área total de la licencia minera sea o no intervenida directamente por las actividades de explotación, presenta áreas de características físicas, químicas y biológicas comunes, las cuales pueden agruparse según las afectaciones que hayan sufrido por las distintas actividades para lograr su manejo y rehabilitación.

Las principales zonas homogéneas para el proyecto son: áreas en proceso de compactación o asentamiento, área de excavaciones profundas (tajo de explotación), áreas de espejos de agua, área de infraestructura vial y área de infraestructura de servicios. La definición de unidades homogéneas se realizó con base en los criterios que se presentan en la Tabla 10.1.4, así:

- Áreas en proceso de compactación o asentamiento.
- Áreas de excavaciones profundas (tajo de explotación).
- Áreas de infraestructura de servicios (campamentos, planta de beneficio y área de servicios entre otras).
- Áreas de espejos de agua: levemente contaminada; medianamente contaminada.

Tabla 10.1.4 Descripción de unidades homogéneas

Unidad homogénea	Criterio de definición	Descripción	Componente del proyecto
Áreas en proceso de compactación o asentamiento	Suelos que han sido sometidos a compresión mecánica, ocasionando el rompimiento de los agregados de suelo más grandes, y la reducción o eliminación de poros, limitando el movimiento de aire y agua.	Zonas de depósito de materiales producto de la actividad minera - botaderos	Depósito de estériles San Antonio, Depósito de estériles El Balsal
Área de excavaciones (tajo de explotación)	Lugares donde se han removido material y se ha destruido la posición original de los depósitos.	Zonas donde se ha extraído material para el beneficio minero (tajo de explotación)	Tajo Gramalote

Unidad homogénea	Criterio de definición	Descripción	Componente del proyecto
Áreas de espejos de agua	Cuerpos de agua que se forman en depresiones topográficas creadas por un contenedor de hormigón que la sostiene y sin ningún mecanismo que perturbe su superficie.	Zonas de represamiento de aguas lluvias y de escorrentía: embalses de sedimentación	Sedimentadores, PTAP, PTAR, reservorio agua de proceso, pozo de recolección de infiltración, embalse de colas
Áreas de espejos de agua	Zonas constituidas por una suspensión acuosa de los residuos del proceso de beneficio, donde su granulometría abarca un rango desde tamaños arena a tamaños limo.	Zonas de represamiento de aguas producto del beneficio: área de manejo de colas (embalse de sobrenadantes)	Área de Manejo de colas
Área de infraestructura vial	Estructura que presentan interacción con el suelo que la soporta. (Vías construidas y operadas por el Proyecto).	Zonas de corredor vial: vías externas e internas	Vías mineras y auxiliares.
Área de infraestructura de servicios	Construcciones realizadas con el fin de servir y satisfacer las necesidades del Proyecto.	Zonas construidas para el servicio de la operación minera: plataformas, campamentos y áreas de servicio.	Plataformas, Polvorín, campamento, zona de servicios, portería, Parquadero

Fuente: Gramalote Colombia, 2025

10.1.4.2.4 Restricciones al uso

Las restricciones al uso estarán asociadas al cambio físico, químico y geotécnico que sufren los componentes del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote durante la operación. En la Tabla 10.1.5 se presentan los criterios utilizados para identificar las restricciones al uso y los sitios del Proyecto que responde a estas características.

Tabla 10.1.5 Restricciones al uso de la tierra

Criterio	Definición	Componente
Estabilidad	Zonas que se comportan como focos de erosión susceptibles de generar inestabilidad.	Tajo de explotación, depósitos.
Presencia de sustancias peligrosas	Sitios en los que se acumularon sustancias con características peligrosas, tales como combustibles, reactivos, tóxicos o explosivos, durante la operación minera.	Planta de beneficio, polvorín.
Áreas ocupadas por espejos de aguas	Zonas acumulación o represamiento de aguas superficiales, aguas de lixiviación y sedimentos.	Sedimentadores asociados a los componentes del Proyecto.

Fuente: Integral S.A., 2017

10.1.4.2.5 Usos finales del suelo

La implementación del Plan de cierre minero es un proceso condicionado principalmente por factores biofísicos y sociales del área de influencia. Por tanto, la aptitud del uso futuro del suelo y la integración económica del territorio se realizarán de manera concertada con la comunidad del área de influencia, durante la socialización del Plan de cierre para su

inclusión en el marco de la actualización del mismo, previo al cierre efectivo. No obstante, a continuación, se presentan algunos usos que se podrían establecer en las áreas intervenidas, al igual que los objetivos ambientales que enmarcarán el Plan de cierre inicial y que irán direccionando las actividades a implementar. Tales actividades estarán en todo caso sujetas al proceso de concertación con la comunidad, a la dinámica económica de la región, a lo establecido en el Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de San Roque y a las consideraciones propias de Gramalote Colombia.

La definición de los usos potenciales del suelo donde se localizan los componentes del proyecto se ha llevado a cabo a partir de la clasificación de las áreas intervenidas de acuerdo con zonas homogéneas definidas y bajo restricciones de uso identificadas, conformando seis tipos de áreas. Esta zonificación por áreas homogéneas es una forma de clasificar el área del proyecto minero, de modo que los componentes reúnan ciertas propiedades similares, con el fin de diseñar estrategias de cierre que permitan optimizar los espacios, aprovechar el recurso y tener en cuenta todas las variables de manejo de un área de acuerdo con las características del sitio y el uso que se le dio durante la operación.

Tabla 10.1.6 Usos finales para el suelo intervenido por el Proyecto Gramalote

Clasificación	Descripción	Componente	Usos potenciales de la tierra
TIPO I	Zonas donde la falta de consolidación de los materiales depositados, o por la inexistencia de cobertura vegetal, se comportan como focos de erosión susceptibles de generar inestabilidad	Depósitos y Zodmes	<ul style="list-style-type: none"> • Agrícola • Protección • Silvicultura
TIPO II	Áreas auxiliares mineras, cuya infraestructura es susceptible de desmantelarse, demolerse y/o adecuarse, sin restricciones para el uso posterior	Plataformas, Planta de procesos, Plataforma de facilidades mineras.	Después del desmantelamiento de la infraestructura que pueda ofrecer riesgos para la comunidad o el ambiente, el suelo potencialmente puede adoptar los siguientes usos: <ul style="list-style-type: none"> • Pecuario Semi-intensivo • Industrial • Agrícola
TIPO III	Áreas de apoyo, sin restricciones de uso	Campamentos, planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, planta de agua potable, zonas de servicios, helipuerto, portería.	Después del desmantelamiento de la infraestructura que pueda ofrecer riesgos para la comunidad o el ambiente, el suelo potencialmente puede adoptar los siguientes usos: <ul style="list-style-type: none"> • Reversión al estado (Art. 113 de la Ley 685 de 2001): infraestructura vial e Infraestructura para uso comunitario. • Industrial • Comercial • Servicios

Clasificación	Descripción	Componente	Usos potenciales de la tierra
TIPO IV	Zonas de embalse de aguas producto de la acumulación o represamiento de aguas superficiales, aguas de lixiviación y sedimentos.	Área de manejo de colas (embalse de colas), y Tajo Gramalote	Los cuerpos de agua artificial, con base en los modelos de calidad del agua, podría destinarse para los siguientes usos, después de su estabilización, lo cual deberá validarse a través de los resultados del monitoreo de calidad de agua: <ul style="list-style-type: none"> • Riego • Pecuario • Industrial
TIPO V	Zonas inestables por acumulación de lodos residuales y/o sedimentos	Presa de colas (arenas) Sedimentadores y sus respectivas presas	<ul style="list-style-type: none"> • Área restringida
TIPO VI	Obras hidráulicas sobre la quebrada Guacas que se clausurarán en la etapa de post-cierre	Presa Guacas, túnel de desviación, canal de desviación	<ul style="list-style-type: none"> • Protección • La presa Guacas potencialmente podría utilizarse para generación de energía eléctrica (previo análisis de factibilidad del proyecto)

Fuente: Integral, 2026.

Las **áreas tipo I** se caracterizan por presentar restricciones de estabilidad para el uso potencial del suelo, debido a la falta de consolidación de los materiales depositados o a la inexistencia de cobertura vegetal. Estas áreas entrarán a un proceso de rehabilitación de suelos y siembra de especies de bajo porte, con el fin de conseguir por medio de una sucesión natural zonas destinadas ya sea a la protección y rehabilitación del paisaje o al uso agrícola. Entre los componentes de este tipo de área, se encuentran los depósitos de estériles y de material de alta ley, los depósitos, la cantera y las plataformas de saprolito y de baja ley.

Las **áreas tipo II** están constituidas por las zonas auxiliares mineras cuya infraestructura es susceptible de desmantelarse, demolerse o adecuarse, sin restricciones para el uso posterior. Entre los componentes del proyecto que hacen parte de esta clasificación se encuentran algunos depósitos, la plataforma La Perla, la zona del polvorín, el área de ciclonado y la planta. Se realizará el desmantelamiento de la infraestructura que pueda generar riesgos a la comunidad o al ambiente y el suelo podrá potencialmente utilizarse para uso pecuario semi-intensivo o uso industrial. No se considera inicialmente el agrícola como uso potencial; sin embargo, si los análisis de fertilidad del suelo así lo definieran, en el futuro podría incluirse esta opción.

Las **áreas tipo III** son aquellas áreas de apoyo que no presentan restricciones para su uso después del cierre, algunas de las cuales se demolerán, otras se entregarán para el uso comunitario y otras serán entregadas a terceros para usos comerciales, industriales o de servicios. Entre estas áreas se cuentan los campamentos, plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, planta de agua potable, planta de residuos, zonas de servicio, zonas de emergencia e infraestructura vial. La reversión gratuita al estado se realizará en los casos en que las características y dimensiones de las obras, a juicio de la autoridad minera, las hagan aptas como infraestructura destinada a un servicio público de transporte o

embarque, o para uso de la comunidad, conforme a lo dispuesto en el Artículo 113 de la Ley 685 de 2001.

En todos los casos de terminación del contrato, ocurrida en cualquier tiempo, operará la reversión gratuita de bienes en favor del Estado circunscrita esta medida a los inmuebles e instalaciones fijas y permanentes, construidas y destinadas por el concesionario en forma exclusiva al transporte y al embarque de los minerales provenientes del área comprendida en tal contrato y de aquellas que se encuentren incorporadas a los yacimientos y accesos y que no puedan retirarse sin detrimento del mismo (yacimiento) y de los frentes de trabajo. Esta reversión operará sólo en los casos en que las características y dimensiones de los mencionados bienes, a juicio de la autoridad minera, los hagan aptos como infraestructura destinada a un servicio público de transporte o embarque o darse al uso de la comunidad. (artículo 113/ ley 685, 2001)

Las **áreas tipo IV** corresponden al embalse de colas y el tajo Gramalote y se caracterizan por ser zonas de embalse producto de la acumulación de aguas superficiales, aguas de lixiviación y sedimentos. Para estas zonas se proyectan los siguientes usos potenciales:

- Para el embalse de colas, de acuerdo con el modelo de calidad de agua realizado por Golder Associates (2014), el agua presente en el embalse de colas durante la operación muestra condiciones de calidad aceptables, por lo que al momento del cierre no se requeriría ningún tratamiento del embalse de sobrenadantes ni de la estructura de recolección de infiltraciones. Sin embargo, se propone establecer un período de monitoreo de seguridad una vez terminado el procesamiento de mineral y suspendidas las descargas de vertimientos al embalse hasta obtener resultados de vertimiento totalmente aceptables de manera consistente.
- Bajo los criterios de calidad de agua establecidos por el Decreto 1594 de 1984 (Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.), se podría considerar la destinación de este recurso para riego, después del período de seguridad propuesto, que sería del orden de 2 años a partir de la finalización de la operación y que será verificado con los monitoreos realizados, siempre que la calidad de agua alcance y mantenga condiciones aceptables.
- Para el tajo Gramalote, teniendo como base los resultados de los análisis realizados a la fecha que predicen un mínimo potencial de drenaje ácido de roca (Knight Piésold, 2013) se estima que para el año 5 después del cierre se presentarían concentraciones con condiciones de calidad que pudieran ser destinadas para actividades de riego, pecuarias o industriales.

Las **áreas tipo V** se encuentran constituidas por la presa de manejo de colas y los sedimentadores, los cuales por sus condiciones de estabilidad se consideran áreas restringidas. No obstante, esta condición podrá modificarse de acuerdo con la dinámica del proyecto y con las investigaciones que se efectúen para el ajuste de los usos potenciales y para el establecimiento de los usos finales.

Las **áreas tipo VI** se encuentran constituidas por obras hidráulicas sobre la quebrada Guacas que se clausurarán en la etapa de poscierre. Podrá analizarse la factibilidad de utilizar la presa de la quebrada Guacas para el desarrollo de un proyecto de generación de energía eléctrica.

Los usos potenciales propuestos se evaluarán conforme con el desarrollo del proyecto, a la dinámica de la región y del país y a los procesos de concertación con la comunidad, para establecer la mejor destinación futura de las tierras y mejorar la calidad de vida de los pobladores del área de influencia. Después de culminada la operación del proyecto se liberarán la mayoría de las áreas para su rehabilitación.

En la [Figura 10.1.2](#) se presentan las áreas de intervención del proyecto y en la [Figura 10.1.3](#), se presenta la visión poscierre del estado final del territorio, con base en los usos potenciales identificados.

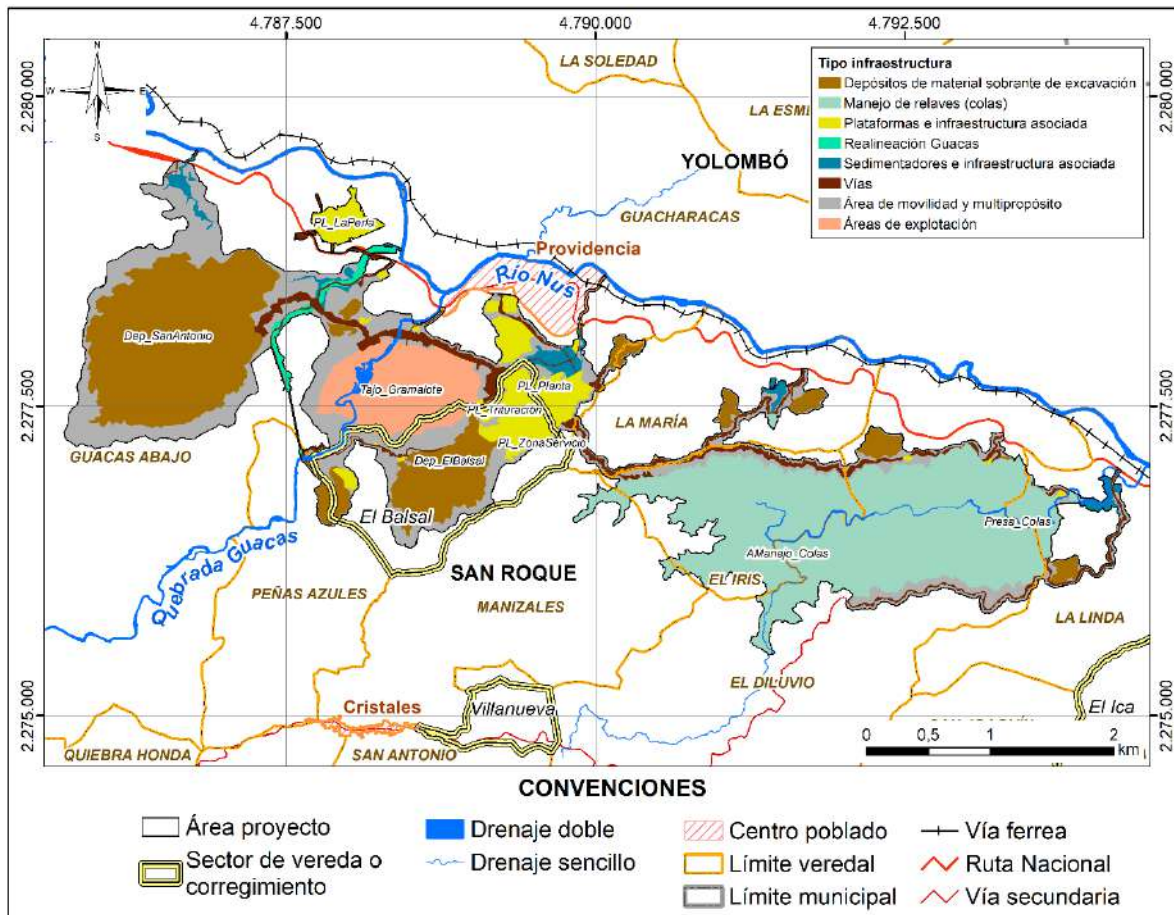


Figura 10.1.2 Áreas intervenidas por el proyecto

Fuente: Integral S.A., 2025

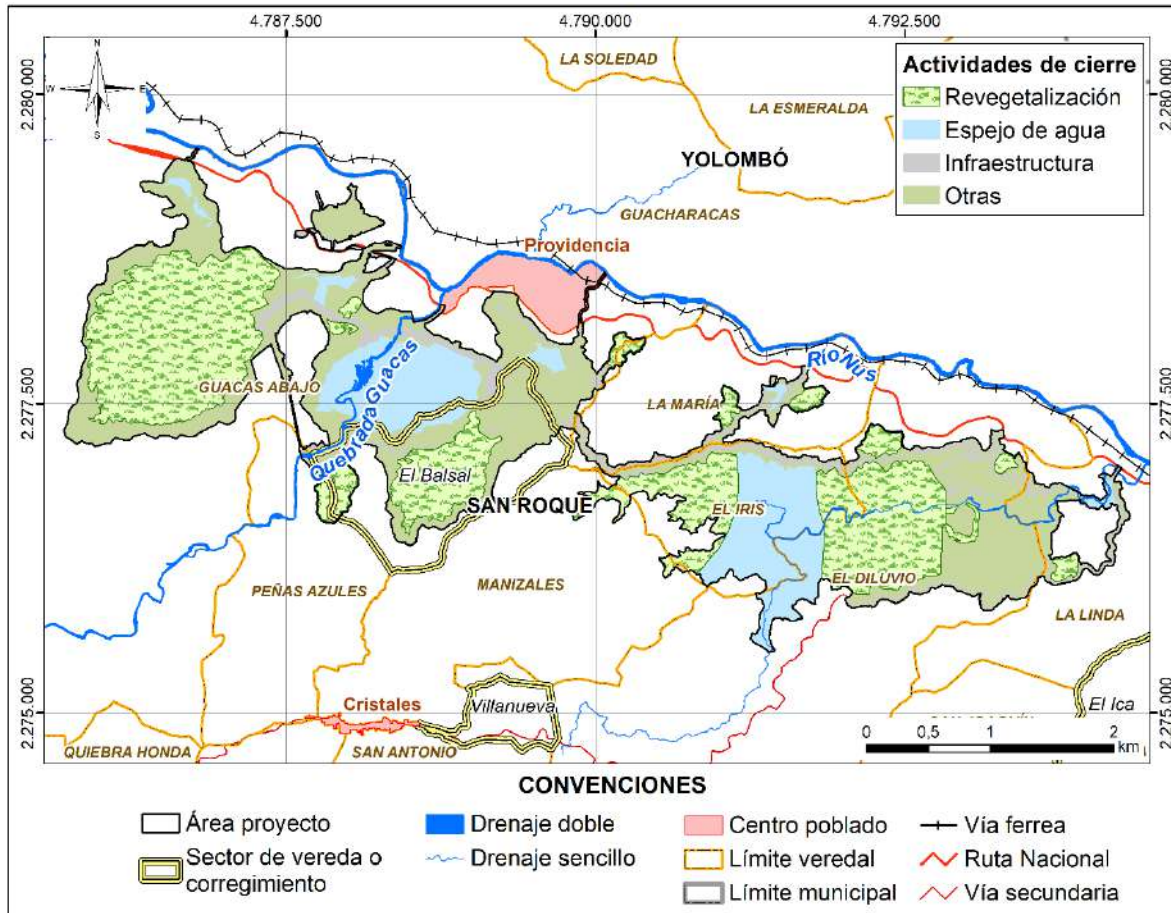


Figura 10.1.3 Visión postcierre del estado final del territorio

Fuente: Integral S.A., 2025

10.1.4.2.6 Actividades implementadas durante la operación y cierre

Para la recuperación del área del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, se llevará a cabo una serie de actividades con el fin de establecer los usos propuestos para cada zona. A continuación, se definen dichas actividades:

A. Desvinculación de mano de obra

Gramalote Colombia informará a las comunidades y autoridades municipales del área de influencia, con mínimo 6 meses de antelación al inicio del cierre, los requerimientos de personal para esta etapa, los perfiles del requeridos y los mecanismos establecidos para la reducción progresiva del personal.

En la etapa final del cierre se suministrará información de interés a las partes interesadas sobre criterios de disminución de la demanda de empleo y beneficios sociales aplicables. Con el fin de minimizar el impacto social severo por la reducción del empleo en la zona durante la etapa previa y hasta finalizar el proyecto minero, la Compañía promoverá la

capacitación y formación en oficios tanto para las personas del área de influencia como para el personal vinculado al proyecto de acuerdo con sus actividades específicas.

Para ello, Gramalote establecerá convenios con el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) e instituciones de educación superiores a fin de cualificar y garantizar tanto la inserción de personal calificado al proyecto como la posibilidad de adquirir conocimientos que permitan ser aplicados en otros escenarios laborales luego del cierre de la mina. Esta acción de manejo se encuentra desarrollada en el Programa de capacitación y educación a la comunidad, Subprograma de capacitación y educación comunitaria (Acción convenio para formación en oficios) y en el Programa de capacitación en emprendimiento.

B. Desvinculación de proveedores de bienes y servicios

La desvinculación de proveedores de bienes y servicios se hará de forma escalonada y cuando se aproxime la fecha de cierre. La Empresa velará por que los proveedores puedan dar continuidad a sus actividades productivas, para lo cual tiene concebidas jornadas de emprendimiento para unidades productivas existentes y nuevos proyectos productivos, a partir del diagnóstico formulado en el Programa de contratación de bienes y servicios.

Se identificarán posibles proveedores del proyecto en las distintas actividades contempladas y se les ofrecerá capacitación para consolidar y fortalecer los negocios establecidos. Dicha capacitación estará orientada a la formulación de proyectos, formalización de negocios existentes y asesoría bancaria y contable.

C. Aislamiento de núcleos poblados

El aislamiento entre las áreas liberadas y los centros poblados cercanos se mantendrá hasta finalizar el poscierre, con el objeto de disminuir la accesibilidad de personas ajenas al proyecto. Para tal fin, se instalará una señalización con postes de madera hincados que soportarán mallas en polipropileno clavadas en colombinas o listones de madera. En donde se requiera dejar pasos peatonales, éstos se harán de tal forma que garanticen una superficie transitable.

Adicionalmente, las señales se mantendrán en buenas condiciones en todo momento, mediante el reemplazo o restitución de listones o postes rotos, sin pintura, malla faltante, rota o deteriorada, de tal forma que siempre se mantenga el aislamiento en perfectas condiciones.

D. Desmantelamiento de infraestructura

Las instalaciones y equipos se desmantelarán y trasladarán fuera del área del proyecto y serán luego dispuestos en lugares apropiados para luego ser vendidos a terceros o utilizados en otras actividades o proyectos.

E. Desenergizar instalaciones y equipos

La subestación que abastece la mina será desenergizada, al tiempo que se retirarán cables conductores, generadores, transformadores y otros equipos. Se dejarán operativas las instalaciones eléctricas mínimas que permitan suministrar iluminación y energía a los equipos utilizados en la etapa de cierre y a los que sean necesarios para los nuevos usos.

Para el caso de la planta de generación de energía, teniendo en cuenta que la central contará con cuatro motores a gas, con una capacidad instalada total de 44 MW, se

procederá con el desmonte una vez se garantice la clausura del abastecimiento de gas por la red operada por un tercero; y en caso de un escenario de continuidad, el mismo será evaluado.

F. Desconexión del suministro de agua y disposición de tuberías

Se cortará el suministro de agua a la mina y se dismantlarán las tuberías conductoras, las que serán retiradas convenientemente por una empresa autorizada para disponer residuos sólidos no peligrosos. Solo se dejarán operativas las conexiones necesarias para la etapa de cierre y para los usos posteriores del terreno.

G. Disposición de los explosivos almacenados en los polvorines

Previo al cierre, la coordinación de operaciones mina velará por el uso de todo el material explosivo existente en stock. Cualquier remanente de explosivos no utilizados será devuelto a Indumil o destruido de acuerdo con la normativa legal vigente.

H. Demolición de infraestructura

Al finalizar en su totalidad la explotación y el procesamiento mineral, los edificios, equipos e infraestructura que no vayan a prestar algún servicio pos-proyecto serán demolidos.

I. Disposición de los residuos sólidos y líquidos

Los materiales desechados y los restos de paredes y pisos serán trasladados a una planta o sitio autorizado de acuerdo con los requerimientos legales y buenas prácticas, para ser sometidos a los diferentes procesos de tratamiento y eliminación tal como lo estipula el Programa de manejo de residuos sólidos.

En cuanto a los tanques de reactivos y tuberías de descarga antes de su dismantelamiento o demolición serán caracterizados para darles la neutralización adecuada y evitar la contaminación de suelos y fuentes de agua.

Los suelos contaminados por aceite, petróleo y grasas serán removidos hasta una profundidad de 10 cm por debajo del nivel inferior de contaminación, para posteriormente ser rehabilitados e integrados al paisaje circundante.

J. Reconformación de taludes

En cuanto a la estabilización de los botaderos (Depósito de estériles y la pila de material de baja ley) es importante controlar la erosión hídrica que puede afectar rocas, sedimentos y suelos. Esto se logrará a partir de la construcción de obras hidráulicas y del establecimiento de una cubierta vegetal adecuado que presente un grado de permeabilidad tal que facilite la infiltración y disminuya la escorrentía superficial.

Las obras de estabilización contemplan múltiples alternativas: tendido del talud, construcción de bermas de suelo y roca en la pata del talud, y construcción de trincheras o terraceo. Estas medidas se ilustran esquemáticamente en la Figura 10.1.4.

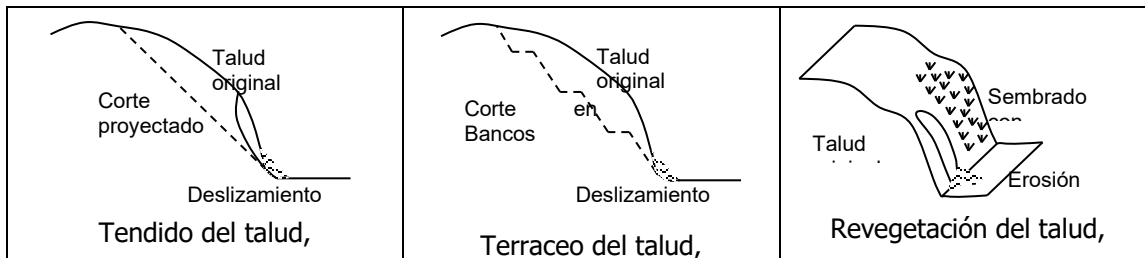


Figura 10.1.4 Estabilización de taludes

Fuente: Integral S.A., 2014

Como se mencionó anteriormente para la estabilización de los taludes su recubrimiento con especies nativas juega un papel fundamental, por lo que se propone una revegetación del talud con especies herbáceas (Preferiblemente leguminosas), las cuales favorecen los procesos de reciclaje de nutrientes y contribuyen de manera significativa a la reestructuración de los suelos.

K. Reconfiguración del suelo y ruptura de superficies compactadas

Las áreas para rehabilitar por lo general presentan compactación debido al tránsito continuo de equipos de acarreo. Por tanto, se requiere una reconfiguración previa del terreno consistente en la homogenización del área rellenando huecos o esparciendo el material acumulado en montículos mediante el uso de tractores sobre orugas y motoniveladoras. Posteriormente se procederá a la roturación de la superficie con la finalidad de adecuar el terreno antes de proceder con la colocación del material edáfico. Es de anotar que este procedimiento de roturación no se aplica en laderas y taludes ya que una vez conformados a la nueva pendiente el material se encuentra totalmente suelto.

La preparación del suelo aumentará la disponibilidad de agua para las plantas, mejorará la penetración de las raíces y promoverá el contacto entre las semillas plantadas y el suelo circundante, al tiempo que asegurará la adecuada protección contra la erosión hídrica y eólica durante los primeros periodos de crecimiento de la cobertura vegetal.

Los criterios de compactación serán revisados durante la operación, para confirmar que la colocación del suelo sea estable y sostenible para el crecimiento de las plantas sembradas articulado a lo dispuesto en el PMA_ABIO_01_Programa de manejo del suelo.

L. Rehabilitación de suelo y coberturas vegetales

Una vez la superficie del terreno esté nivelada y escarificada se procederá al transporte del material edáfico al área de rehabilitación, disponiéndolo de forma ordenada por toda el área para luego esparcirlo uniformemente con la ayuda de tractores sobre orugas. Posteriormente, se utilizará una motoniveladora para emparejar el terreno y se realizarán las obras de drenaje requeridas para evitar pérdidas de suelo por escorrentía.

Después de la restitución del suelo almacenado se procederá al restablecimiento de coberturas vegetales, las cuales son muy importantes en esta primera etapa de rehabilitación de suelos por su reconocida habilidad para reciclar nutrientes y promover la reestructuración física de suelos. En este grupo sobresalen las gramíneas o pastos, nativos o cultivados. Estas especies de porte bajo, aparte de favorecer la recuperación de las

características biofísicas del suelo, permiten su adecuación y preparación para el ingreso de especies de mayor tamaño.

En la siembra de especies arbóreas se utilizarán especies nativas arbustivas adultas con altura superior a 1 m, que a su vez cumplan la función de amarre del terreno y aceleren la restauración y regeneración natural de las zonas afectadas.

Por otra parte, algunas áreas podrán ser manejadas a partir de actividades de rehabilitación después del proceso de cierre. Para la playa de lamas se realizará revegetación con herbáceas, mientras que para los sedimentadores se espera que se haya conseguido para esta etapa una sucesión natural. De no darse a sucesión en esta etapa se procedería a la siembra de estas áreas.

M. Adecuaciones para el sellado del túnel de la realineación de la quebrada Guacas (obra no objeto de modificación)

El área destinada a la realineación de la quebrada Guacas será reconformada, escarificada y cubierta con una capa superficial de suelo, para luego ser revegetada. La estabilización física (Por ejemplo, blindaje rip-rap) puede ser requerida a lo largo de la alineación y restauración de la quebrada Guacas.

El canal de la realineación de la quebrada Guacas permanecerá después del cierre, en tanto que el túnel será taponado con hormigón en ambos extremos y la quebrada San Antonio, que se utilizará para conducir el flujo de Guacas al río Nus durante las operaciones, recuperará sus condiciones iniciales.

N. Adecuaciones y construcciones para el llenado del Tajo Gramalote

La recuperación del tajo Gramalote incluye el encausamiento de la quebrada Guacas hacia el tajo (Desviada a la quebrada San Antonio durante la operación de la mina). La inundación del tajo se hará con el fin de reducir la formación de ácido al minimizar la cantidad de oxígeno disponible para la oxidación de sulfuros.

Será necesario construir canales para dirigir el flujo de la quebrada Guacas al tajo Gramalote y luego desde el tajo hasta el río Nus. Estas obras se diseñarán en etapas posteriores del proyecto y en su momento serán construidas para mantener estables las condiciones geotécnicas y facilitar el monitoreo de la calidad del agua en la descarga del tajo hacia el río Nus.

La rehabilitación del tajo Gramalote se realizará mediante llenado hasta la cota 815 m s.n.m., para prevenir que se generen las condiciones que dan lugar a la formación de drenaje ácido de roca a través el encausamiento de una fracción del caudal de la quebrada Guacas hacia el tajo Gramalote, para lo cual se requiere la construcción de las estructuras de captación, derivación y conducción de flujo desde la quebrada Guacas hacia el tajo, y de las obras de descarga del tajo hacia el río Nus. La conducción hacia el río Nus se realizará a través del cauce original de la quebrada Guacas.

El volumen de agua requerido para el llenado es del orden de 85 millones de metros cúbicos, con lo cual puede estimarse el tiempo de llenado en poco menos de un año, bajo las siguientes consideraciones:

- El llenado del tajo Gramalote se realizará con la captación de agua de la quebrada Guacas y en promedio será de 3.125 m³/s, respetando siempre el caudal ecológico de la fuente.
- Los flujos de aguas subterráneas, precipitación, escorrentía y evaporación, se consideran despreciables para efectos del cálculo.

O. Adecuación de Construcciones

Los campamentos, casinos y demás áreas de apoyo serán rehabilitados y adecuados estructural y espacialmente, de manera que permitan operar adecuadamente bajo las nuevas condiciones de uso. Con ello se busca generar nuevos espacios y mejorar los existentes, renovando la estructura de los campamentos y otras áreas de servicio sin alterar la configuración exterior, prolongando de esta manera la vida útil de las construcciones y así entregarlos en mejor estado, dependiendo de los usos finales que se definan para estas áreas, a medida que se vayan realizando la actualización del plan de cierre del proyecto.

P. Delimitación y señalización

Se cercará perimetralmente el área y se señalizará adecuadamente para advertir el cierre de la mina, botaderos y demás infraestructura, al igual que informar sobre el riesgo de atrapamiento, caída y golpes.

Para el cierre final del proyecto minero y con el fin de lograr el acople con el uso final definido para el área intervenida, se tendrá en cuenta que los diferentes componentes generan un riesgo particular dependiendo de sus características físicas, químicas, biológicas, de ubicación espacial y sociales, por lo cual algunos de ellos serán aislados o separados de los otros a través de la conformación de cercas o barreras vivas.

Q. Monitoreo poscierre

Los programas de monitoreo en el cierre y poscierre permitirán evaluar el desempeño de las medidas de cierre y la identificación de los ajustes que se hagan necesarios para el logro efectivo del cierre de la mina.

Es importante aclarar que los programas se desarrollan a nivel de lineamientos dejando en todo caso la posibilidad de mejorarlos cuando las tecnologías, el marco normativo y la evolución del proyecto lo ameriten. El Estudio de Impacto Ambiental radicado ante la autoridad ambiental contiene una detallada descripción de los programas de monitoreo, entre los cuales se destacan el monitoreo de taludes, el programa de monitoreo de la calidad del agua, el programa de monitoreo de la restauración, rehabilitación y recuperación del paisaje y el programa de seguimiento a las medidas relacionadas con el componente socioeconómico.

A continuación, se exponen los programas de monitoreo para la etapa de post-cierre del Proyecto, los cuales permitirán medir el desempeño de las medidas de cierre adoptadas y la identificación oportuna de los ajustes necesarios para el logro de los objetivos planteados.

Es importante aclarar que los programas se desarrollan a nivel de lineamientos, dejando en todo caso la posibilidad de mejorarlos cuando las tecnologías, el marco normativo y el avance del Proyecto lo ameriten.

- Programa de monitoreo de estabilidad de taludes

Se refiere a aquellas actividades orientadas al seguimiento y monitoreo de los tratamientos propuestos anteriormente para lograr la estabilidad física de los componentes residuales, incluye la estabilización de taludes y estabilización de superficies expuestas a la erosión.

Los parámetros a monitorear son las variables que pueden afectar la estabilidad debido a comportamientos atípicos, tales como:

- Afloramientos de agua.
- Procesos erosivos y movimientos en masa.
- Relajación y deformación del macizo rocoso.

El monitoreo de taludes incluirá la evaluación de la revegetalización y la acumulación de la escorrentía superficial. Se revisará el estado y el funcionamiento de los drenajes y en caso de ser necesario se repararán para evitar que la escorrentía se abra paso por las paredes de los taludes al generar canales de circulación de escorrentía.

El seguimiento a los canales excavados por el agua de escorrentía, se hará contando el número de canales de más de cinco centímetros de profundidad a lo largo del talud para calcular el número equivalente por cada 100 m de recorrido perpendicular a la línea de máxima pendiente o el número de canales/m². Este parámetro permitirá estimar si la erosión aumenta a largo plazo (Montse Jorba, V. Ramón Vallejo, 2010)

El principal control a tener en cuenta es la observación de la aparición de grietas, fisuras y movimientos en masa. De ser posible se medirá la profundidad de las grietas y en caso de presentarse grandes bloques con probabilidad de desplome, estos serán retirados para evitar accidentes, la posible pérdida de vidas humanas y la pérdida de la vegetación en la parte baja del talud.

Es importante realizar estos controles periódicamente durante los primeros años de cierre, especialmente después de periodos de lluvia. Si se observa la reaparición o incremento de los canales excavados por la escorrentía, se deberán revisar los sistemas de drenaje y tomar algunas medidas correctivas de acuerdo con la situación, tales como resembrar y/o fertilizar zonas con escasa vegetación, restituir el suelo perdido en el caso que los canales incrementen sus dimensiones, entre otras medidas.

Debido a que este seguimiento tiene un fuerte componente visual, el cual permite la identificación de anomalías que serán el indicativo para tomar una medida preventiva, a continuación se hacen las siguientes recomendaciones:

- Realizar seguimiento visual y fotográfico.
- Llevar registros de inventario donde se defina la evolución y cambios de los procesos morfodinámicos.
- Cuando el fenómeno persiste definir instrumentación (mojones, piezómetros y/o inclinómetros en taludes y laderas del área de llenado, y extensómetros en túneles)
- Llevar registro de los análisis y los resultados.

Los sitios de muestreos serán las áreas por fuera de la línea de llenado en el tajo Gramalote, los depósitos de estériles, la presa de colas, el área de realineación de la Quebrada Guacas y los sitios críticos en las vías que permanecerán.

Este Programa se encuentra más detallado en el PSM_ABIO_02_Programa de seguimiento y monitoreo de la inestabilidad y la erosión, allí se encuentra definida la metodología, los parámetros y las frecuencias del monitoreo.

- Programa de monitoreo de calidad de agua

Con este programa se pretende evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica de los cuerpos de agua que serán intervenidos por el Proyecto; el análisis de los parámetros evaluados permitirá cuantificar el cambio en las características de los cuerpos de agua y mejorar la eficiencia de la implementación de las medidas ambientales definidas, para reducir o mitigar el impacto ocasionado sobre los cuerpos de agua.

Con el fin de asegurar la conservación o mejora en las condiciones de calidad del agua se definieron los parámetros, metodologías, sitios y frecuencias de monitoreo, los cuales se encuentran detallados en el PSM_ABIO_01_Programa de seguimiento y monitoreo del recurso hídrico, y fueron establecidas para evitar el deterioro de la calidad del agua superficial, la alteración de la dinámica fluvial y la disminución de la disponibilidad de los cuerpos de agua en el área de influencia del Proyecto Gramalote.

De manera general y en forma de resumen a continuación se enuncian los parámetros que se monitorearán: pH, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura, DBO5, DQO, nitrógeno total, fósforo total, sólidos suspendidos, sólidos totales, grasas y aceites, material flotante y aforo volumétrico de cada efluente.

Para la toma, transporte y análisis de muestras in situ y en laboratorio se seguirán los protocolos definidos por la normatividad colombiana vigente

Una vez obtenidos los resultados de cada jornada de muestreo en cada punto, se deben analizar los resultados por medio de la comparación de estos con los valores de referencia ofrecidos por la legislación vigente, de tal forma que los resultados permitan establecer niveles de calidad.

Los sitios de muestreos, las frecuencias y parámetros a monitorear, se presentan en el Anexo AXO_PSM_10_3_Sitios_frecuencias_parametros

- Programa de monitoreo a la reconfiguración, rehabilitación y recuperación del paisaje

El presente programa se desarrolla con el fin de realizar seguimiento y monitoreo a las actividades de readecuación, reconfiguración, rehabilitación y recuperación de áreas intervenidas para medir el estado de rehabilitación de las áreas degradadas.

Según lo establecido en el PSM_BIO_04_Programa de seguimiento y monitoreo a la restauración, rehabilitación y recuperación de áreas intervenidas, el monitoreo consta de tres etapas, ya que es importante establecer si cada uno de los procesos de revegetalización instaurados presenta resultados favorables para la implementación del siguiente.

Las tres etapas de monitoreo están definidas por: la evaluación de la cobertura herbácea, evaluación del establecimiento de especies pioneras y evaluación del establecimiento de especies de sucesiones más avanzadas; los criterios y la metodología de evaluación se encuentran descritos en el programa antes mencionado.

Los parámetros a monitorear son: área rehabilitada, sobrevivencia de los individuos sembrados, sobrevivencia de los individuos sembrados por resiembra, estado físico y fitosanitario de desarrollo de los individuos sembrados, densidad de siembra, especies sembradas y crecimiento de las especies sembradas.

- Programa de monitoreo a las medidas relacionadas con el componente socioeconómico

Se realizará el respectivo seguimiento y monitoreo a las acciones establecidas dentro del plan de cierre, relacionadas con el medio socioeconómico, es decir, los parámetros establecidos en el PMA_SOC_01__Programa de atención, información y participación comunitaria, donde se definen los indicadores que permiten establecer el desarrollo y cumplimiento de las acciones relacionadas con las medidas establecidas dentro de los planes de manejo. Las variables a monitorear en esta etapa son las siguientes:

- Procesos de gestión y cualificación de la administración municipal para priorizar y administrar los recursos.
- Actividades productivas tradicionales y emergentes.
- Proyectos gestionados y ejecutados por las organizaciones sociales.
- Número y características de los conflictos sociales presentados por el proyecto.
- Número y características de las quejas presentadas por la comunidad y la gestión dada por el proyecto

R. Temas clave de tipo socioeconómico como resultado del cierre de la mina

Entre los aspectos importantes que se tendrán en cuenta para el cierre de la mina están contemplados la desvinculación laboral mencionada anteriormente, al igual que el tema de los proveedores de bienes y servicios. Adicional a éstos están el uso del suelo posterior al cierre de la mina, los aspectos relacionados con el desarrollo local y comunitario y los impactos generados por la terminación de los programas sociales desarrollados, tanto dentro de la gestión social de la Empresa como en la ejecución de los planes de manejo definidos en el Estudio de Impacto Ambiental.

10.1.4.2.7 Estimativo preliminar de costos del Plan de Cierre

Para la estimación de los costos se agruparon las actividades principales de cierre, se obtuvieron los valores unitarios y se estimaron las cantidades requeridas; sin embargo, se aclara que estas cantidades pueden ir variando dadas las condiciones de operación del proyecto, por tanto, también serán actualizadas cuando se den las revisiones del Plan de cierre.

Los costos asociados al cierre progresivo, cierre final y actividades de pos-cierre del Proyecto Gramalote han sido estimados siguiendo los lineamientos técnicos y normativos vigentes, y se encuentran plenamente integrados dentro del modelo financiero del PTO actualizado a 2025. Esta incorporación garantiza la disponibilidad presupuestal para la ejecución de todas las medidas de restauración física, manejo de aguas, revegetalización, desmantelamiento de infraestructura y monitoreo post-cierre.

Asimismo, los valores estimados servirán como base para la determinación de las garantías ambientales que deberá constituir el titular minero ante la autoridad ambiental competente, en cumplimiento de la normatividad aplicable y de las obligaciones establecidas en la licencia ambiental vigente. De esta manera, el proyecto asegura que los recursos financieros necesarios para la adecuada ejecución del cierre estén debidamente respaldados, trazables y alineados con los criterios de suficiencia, gradualidad y cobertura exigidos por el marco regulatorio colombiano. Previamente, es importante destacar que:

- Costo del Plan de cierre conceptual fue actualizado con precios oficiales para Colombia 2025.
- El desmantelamiento de la planta a futuro es un costo de oportunidad, usando un contrato de recuperación (chatarra y equipos) con una compañía especializada.
- Otro costo de oportunidad futura en la implementación del Plan de cierre es la aplicación de la reversión gratuita al estado, acorde con el artículo 113 del Código de minas de Colombia. Este artículo aplica para caminos, campamentos, planta y edificios.

El costo total de capital de rehabilitación y cierre se estima en COP\$ 188.700.000.000, con costos que ocurren simultáneamente con las operaciones cuando es posible, y la mayoría de los costos ocurren al final de las operaciones de minería y procesamiento.

10.1.4.3 Plan de cierre progresivo

El cierre progresivo es un escenario que ocurre durante la etapa de operación del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote como resultado de las condiciones operacionales, en la que algunos componentes del proyecto se someten a actividades de cierre tales como reconformación del terreno, revegetación o desmantelamiento.

Para el proyecto Gramalote las áreas a rehabilitar durante el cierre progresivo corresponden a las áreas liberadas en la construcción como son los depósitos de materiales sobrantes de excavación y algunas plataformas de ZODMEs, el resto de los componentes mineros de la etapa de operación del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote pierde su utilidad hasta el cese de las actividades etapa de cierre final y poscierre.

Las actividades de cierre progresivo empezarán a desarrollarse desde el inicio del proyecto, teniendo en cuenta áreas que no serán usadas o afectadas en el resto de la vida de la mina. En la Figura 10.1.5, se presentan las áreas a recuperarse en el marco del plan de cierre Progresivo, a realizarse, durante el primer año de operación del proyecto

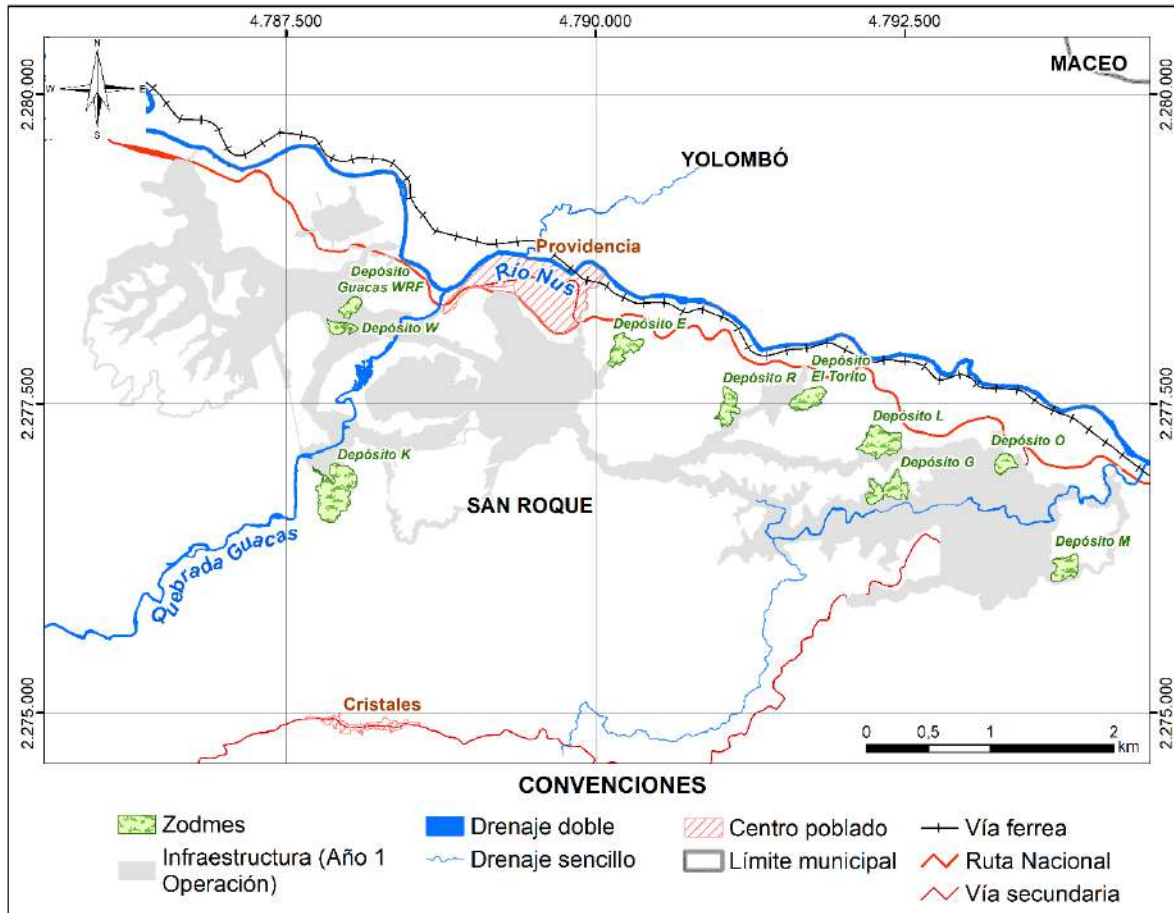


Figura 10.1.5 Plan de cierre progresivo

Fuente: Gramalote, 2026

A continuación, se presentan las figuras en planta y perfil, de cada uno de los depósitos en su cierre definitivo, como parte del plan de cierre progresivo del proyecto. En el Anexos_PLAN_CIERRE_Zodmes, se presentan los planos en planta y perfil, con los detalles de cierre de cada uno de los zodmes, donde se puede evidenciar, la geomorfología final de los zodmes, así como el manejo de aguas.

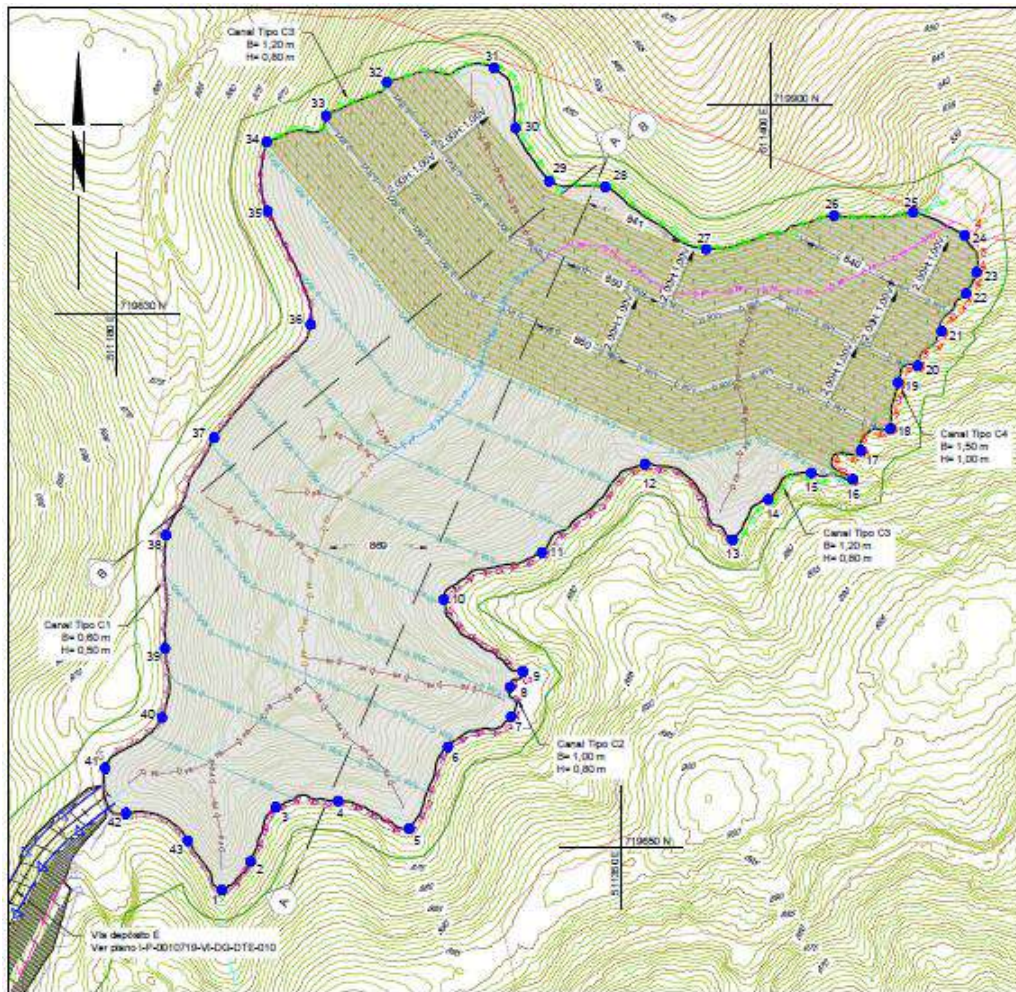


Figura 10.1.6 Plan de cierre depósito E.

Fuente: Integral, 2026

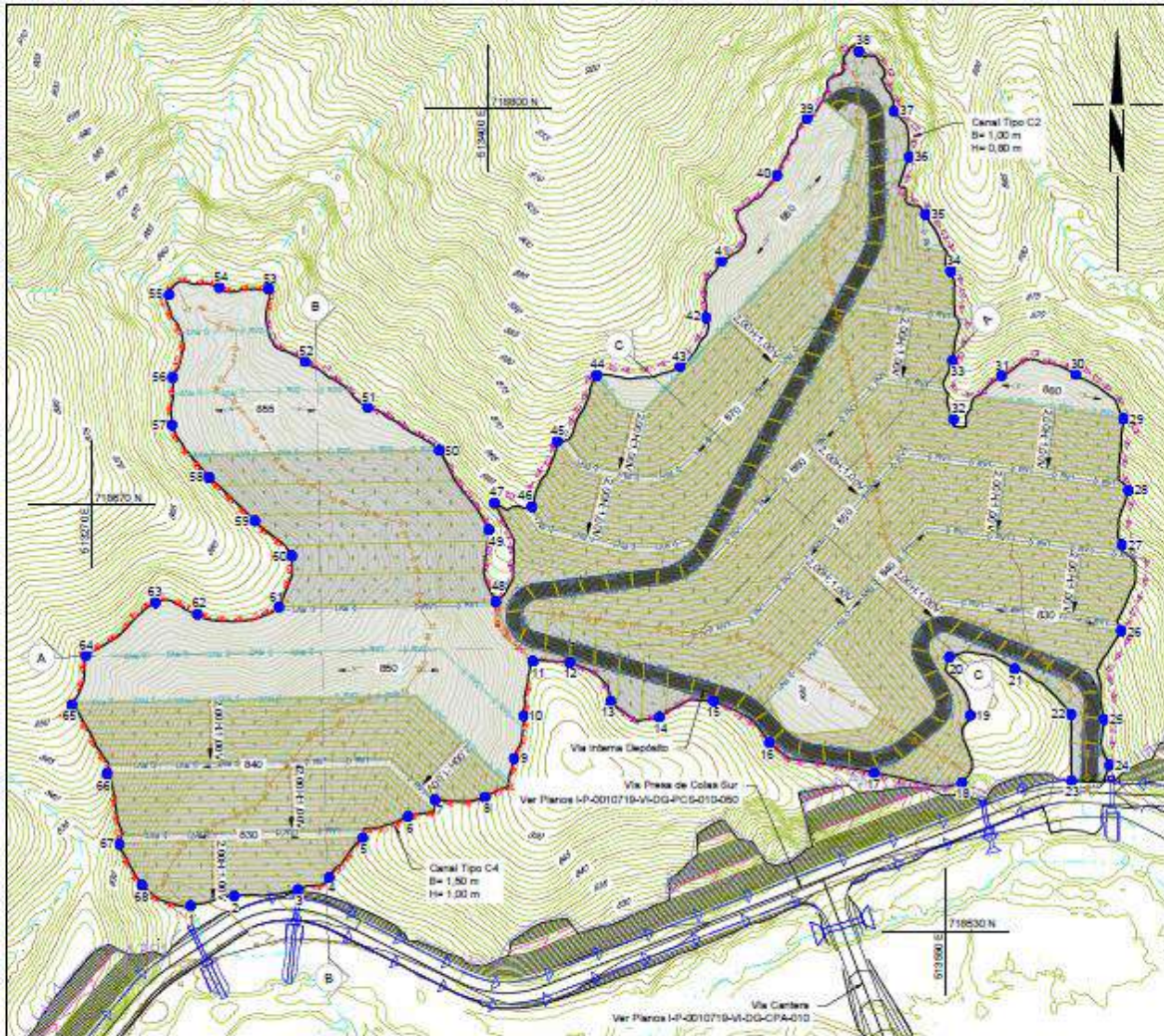


Figura 10.1.7 Plan de cierre depósito G.

Fuente: Integral, 2026

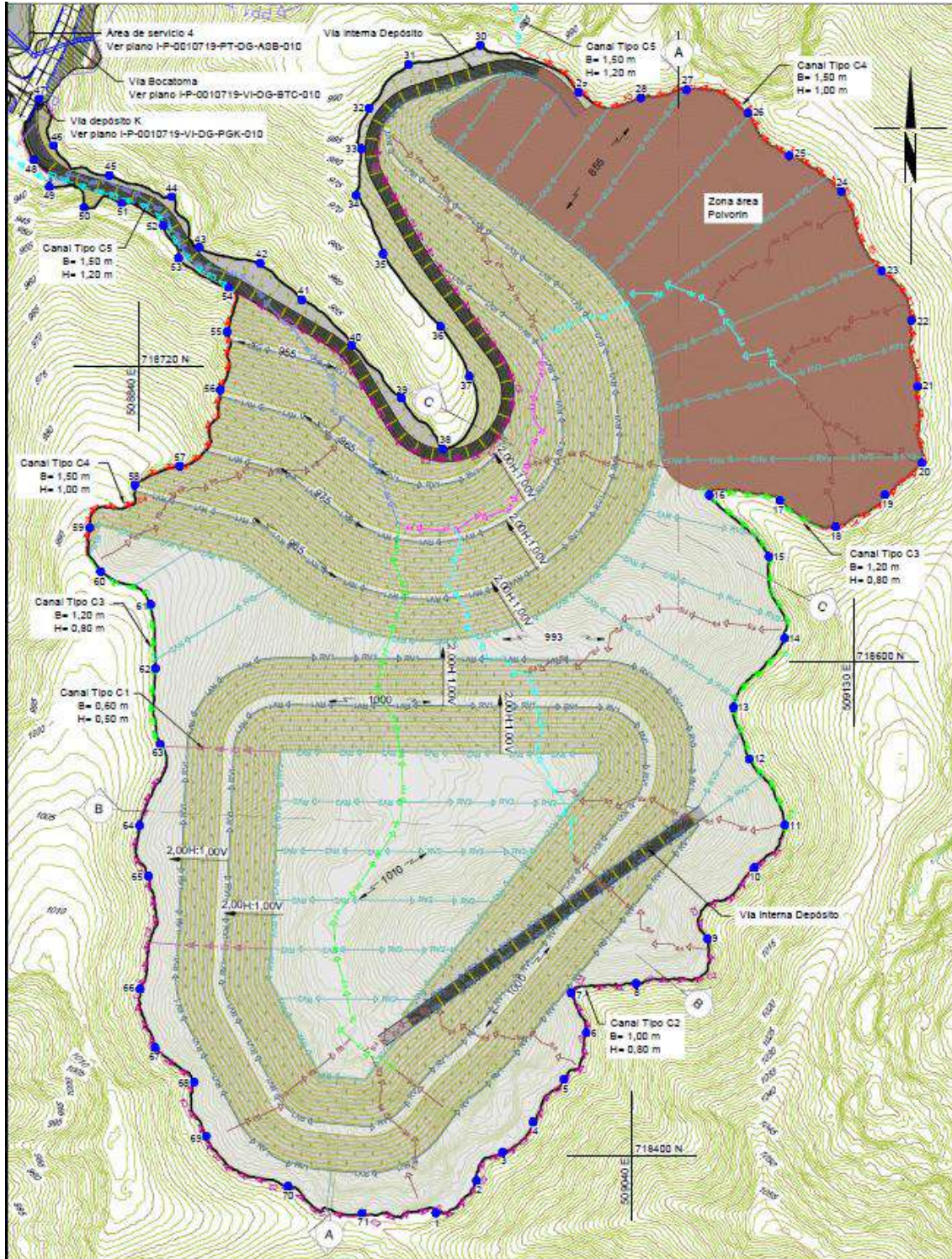


Figura 10.1.8 Plan de cierre depósito K.

Fuente: Integral, 2026

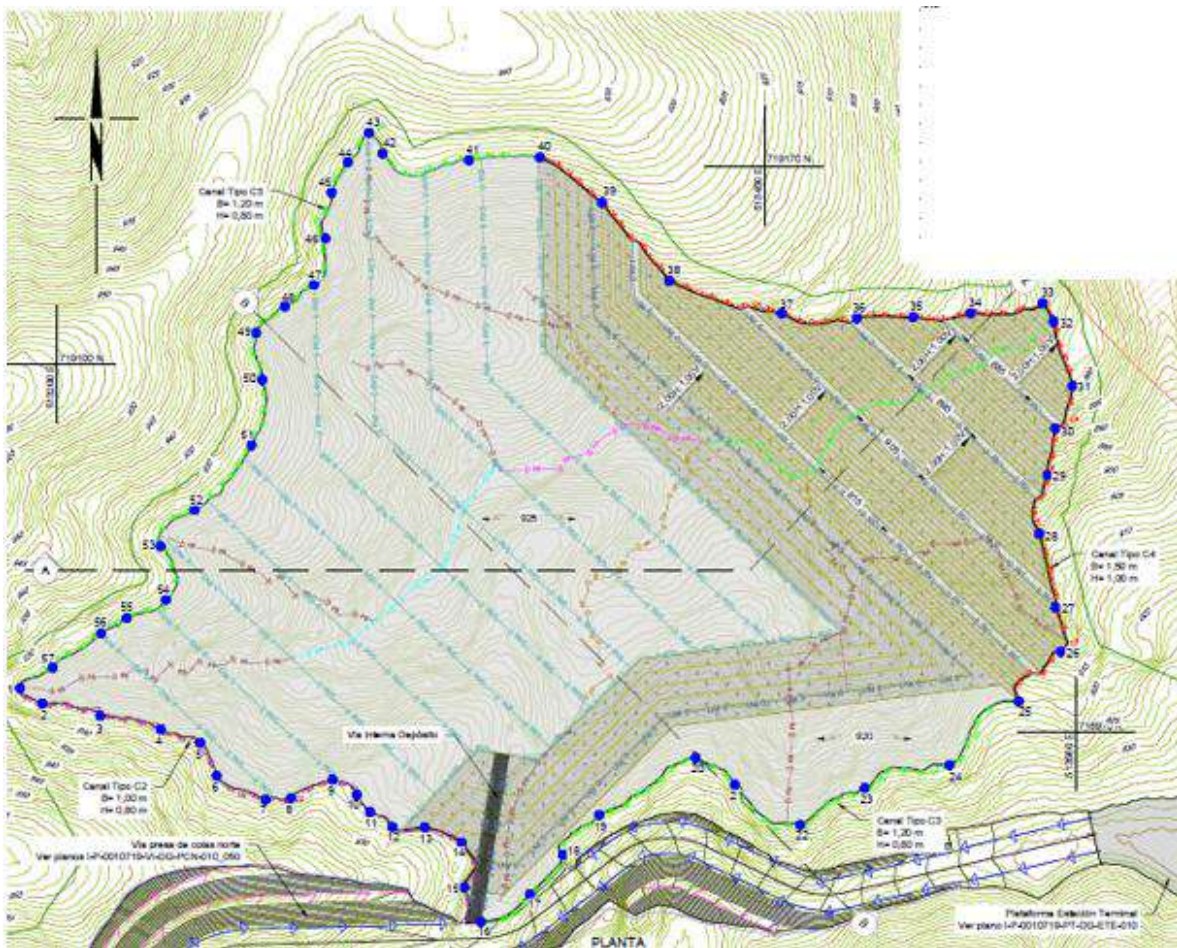


Figura 10.1.9 Plan de cierre depósito L.

Fuente: Integral, 2026

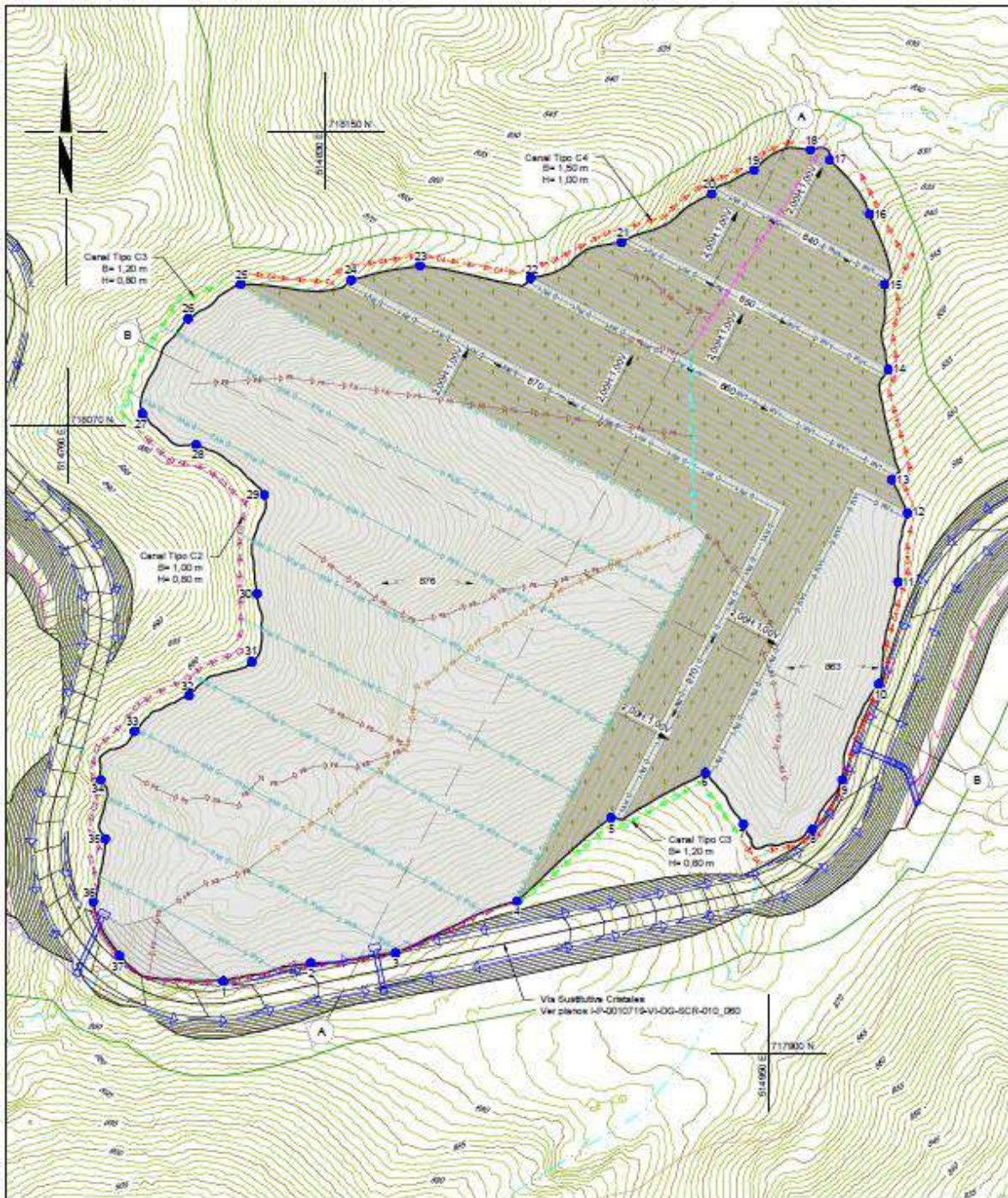


Figura 10.1.10 Plan de cierre depósito M.

Fuente: Integral, 2026



Figura 10.1.11 Plan de cierre depósito O.

Fuente: Integral, 2026

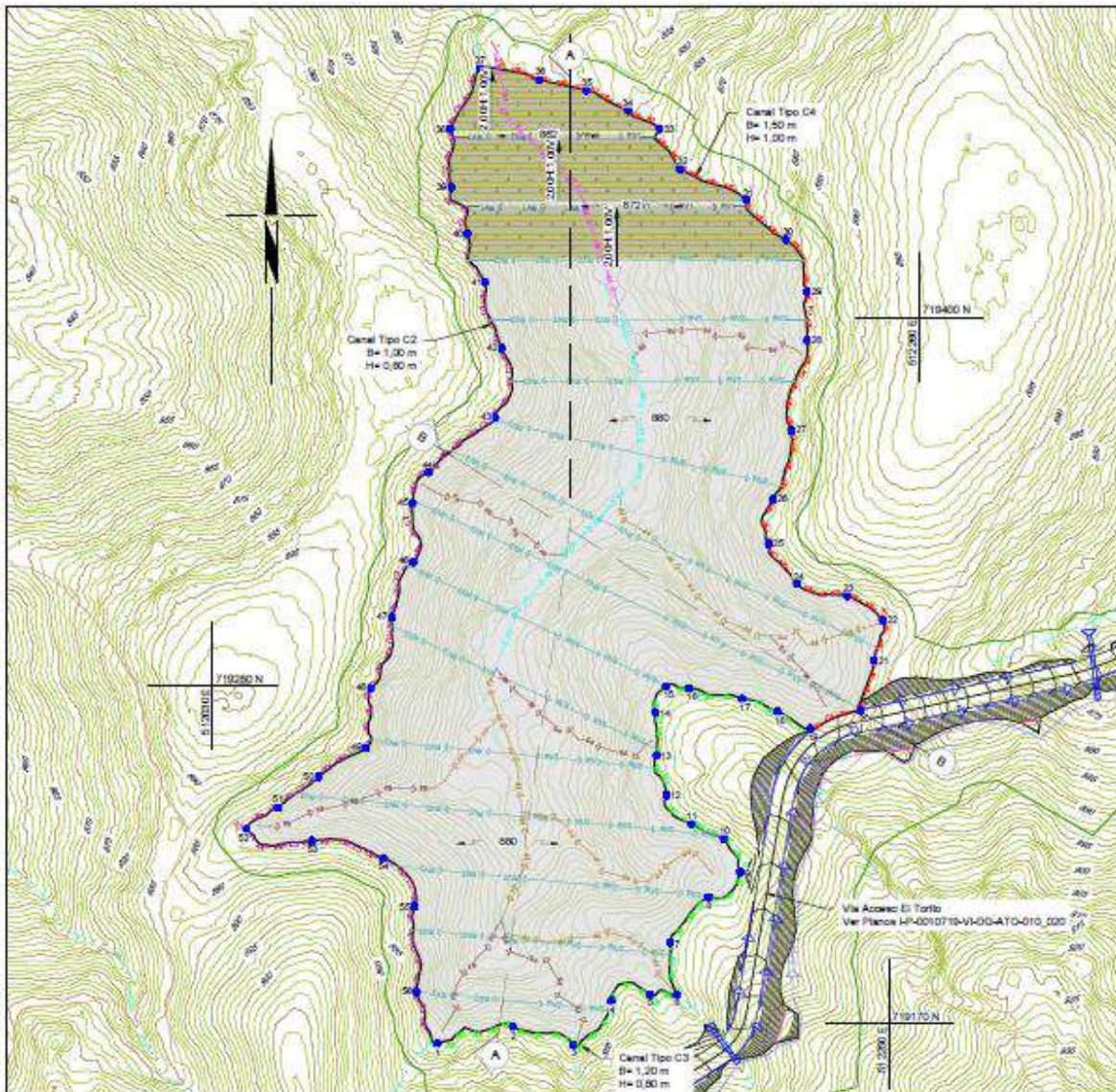


Figura 10.1.12 Plan de cierre depósito R.

Fuente: Integral, 2026

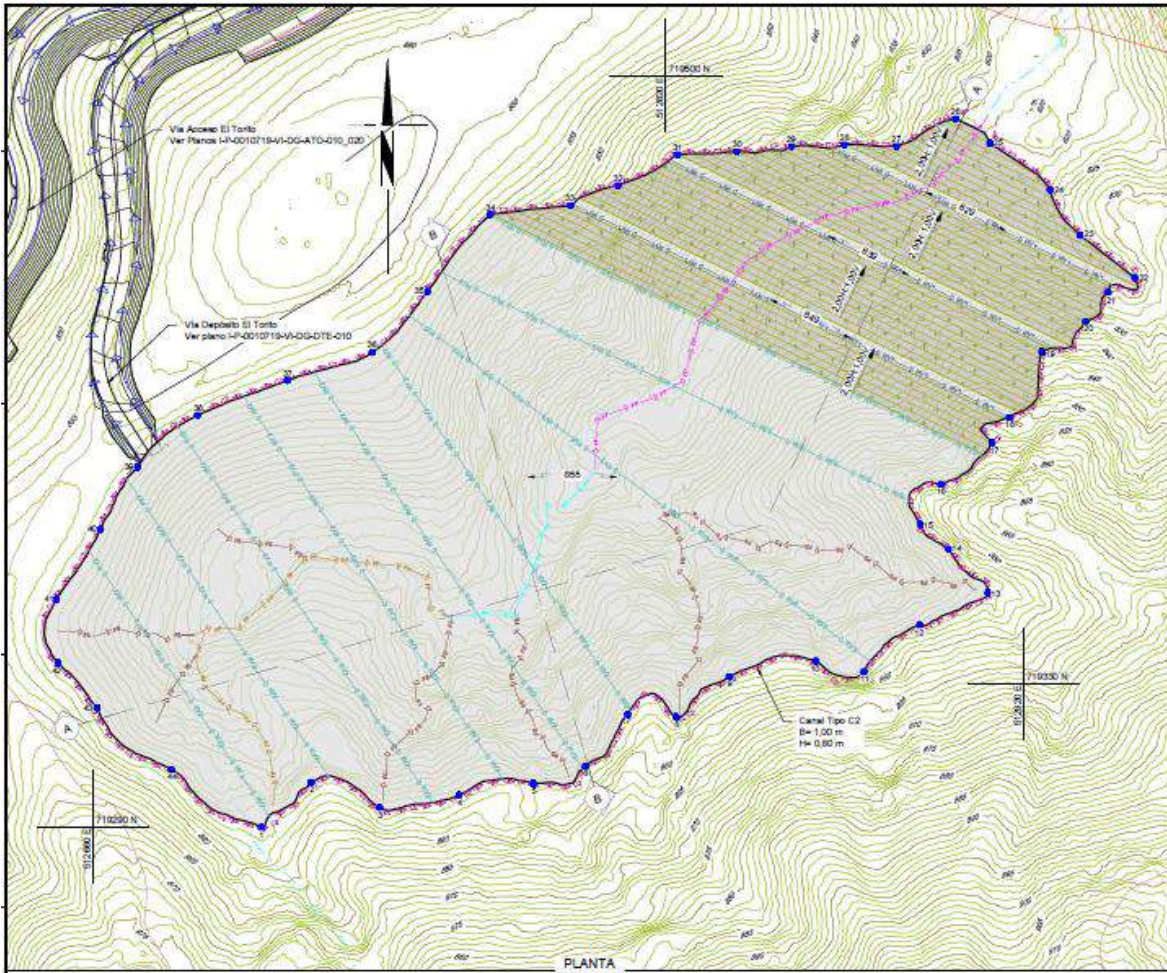


Figura 10.1.13 Plan de cierre depósito El Torito.

Fuente: Integral, 2026

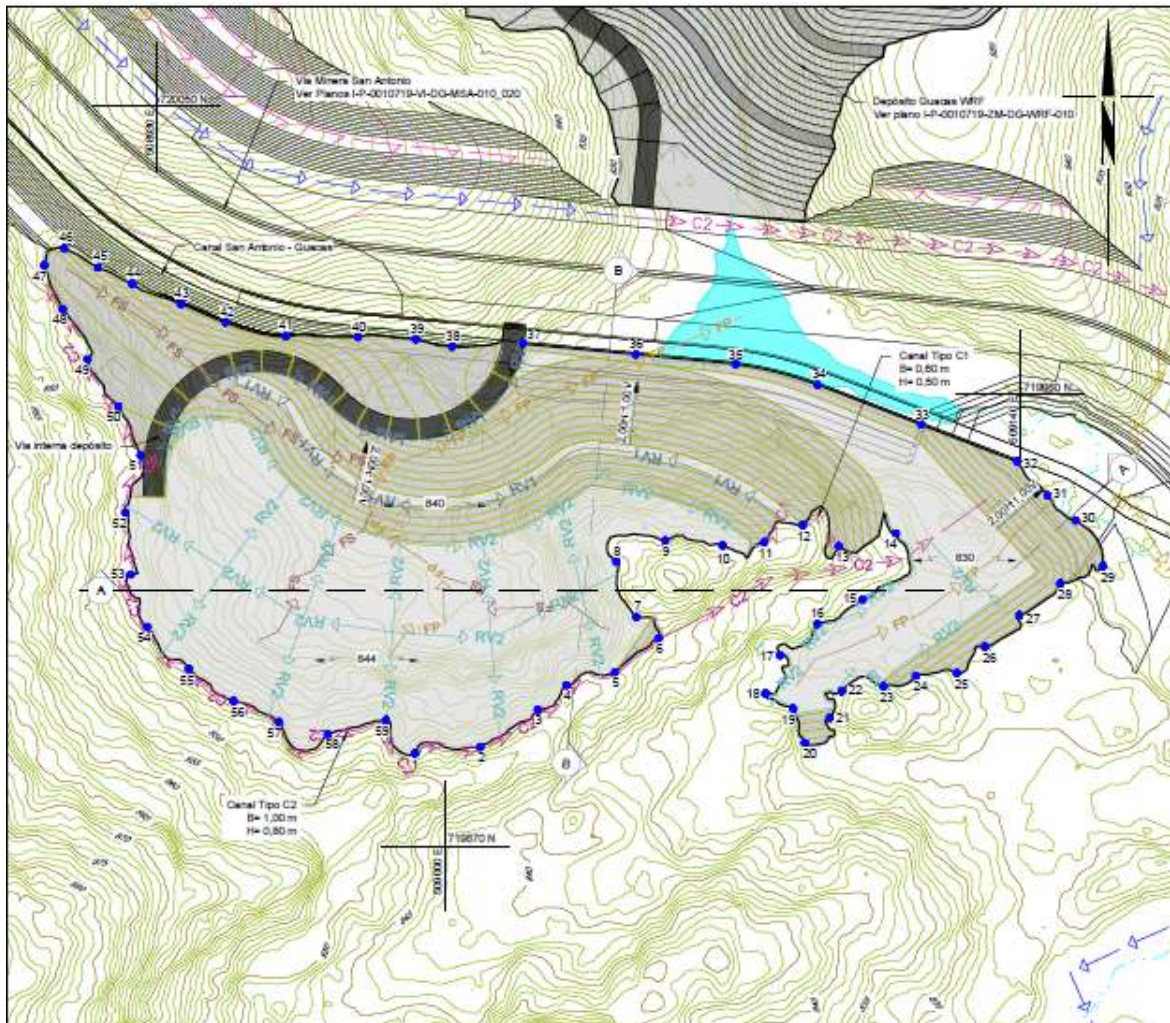


Figura 10.1.14 Plan de cierre depósito W.

Fuente: Integral, 2026

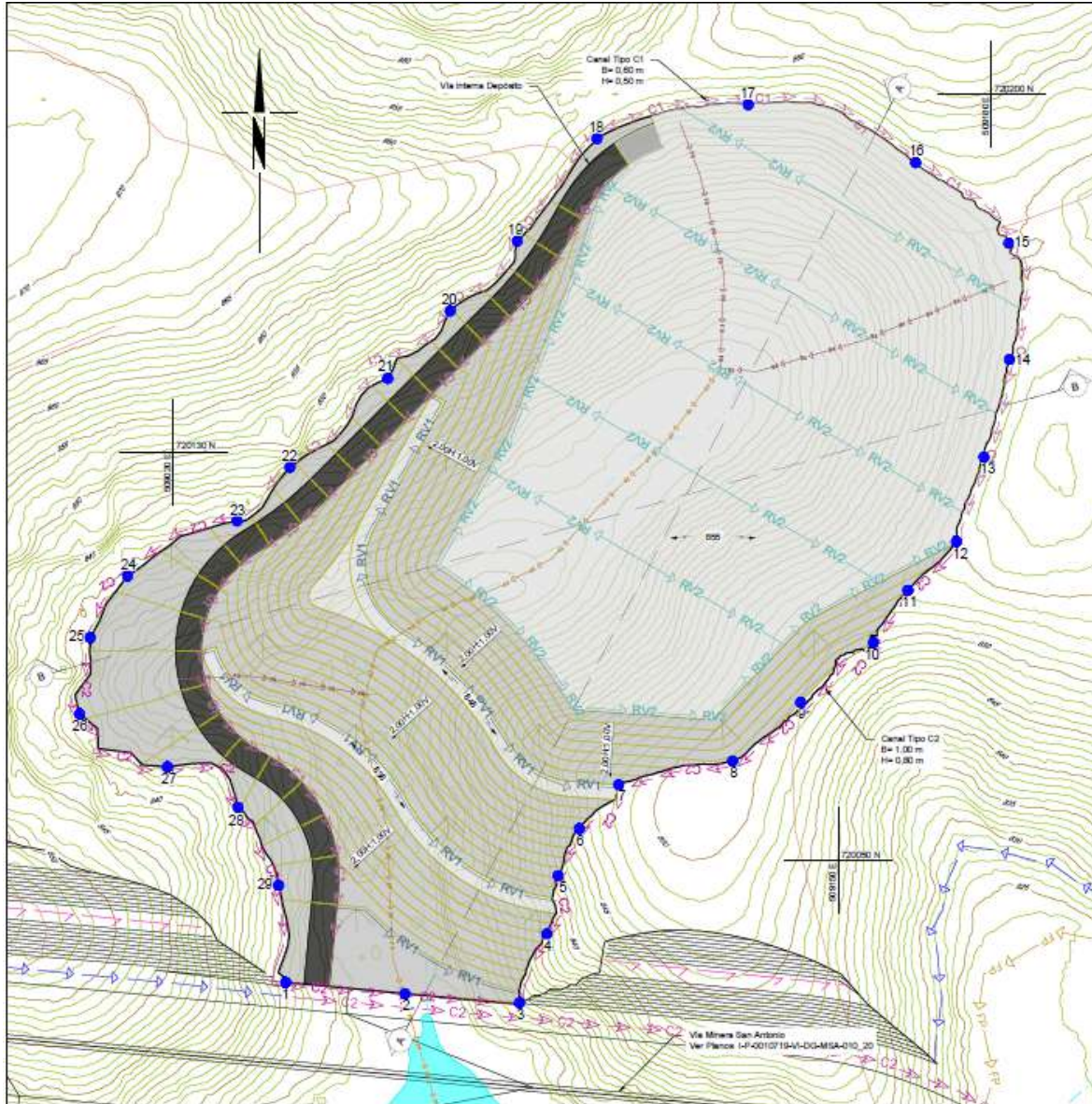


Figura 10.1.15 Plan de cierre depósito Guacas.

Fuente: Integral, 2026

10.1.4.3.1 Programa de cierre progresivo

El cierre progresivo es aquel que ocurre de manera simultánea a la etapa de operación de una mina, cuando un componente o parte de un componente de la actividad minera deja de ser útil. Bajo esta definición y considerando la estrategia de operación para el proceso minero, ninguno de los componentes mineros de la etapa de operación del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote pierde su utilidad hasta el cese de las actividades.

Así pues y con el objetivo de prevenir, mitigar, controlar y corregir los impactos que pueda generar la operación hasta el cierre de la mina, en aquellas áreas que sean liberadas por la actividad minera y donde se alcancen taludes finales, se iniciarán las actividades de reconformación, readecuación y rehabilitación de áreas intervenidas.

Las actividades de rehabilitación durante el cierre progresivo se realizarán siguiendo los lineamientos definidos en los siguientes planes:

- PMA_ABIO_01_Programa de manejo del suelo.
- PMA_ABIO_02_Programa de manejo de estériles y escombros.
- PMA_ABIO_03_Programa de manejo del recurso hídrico y obras para control de erosión.
- PMA_ABIO_04_Programa de manejo del recurso aire.
- PMA_ABIO_09_Programa de manejo del paisaje.
- PMA_BIO_04_Programa de restauración, rehabilitación y recuperación de áreas intervenidas.

10.1.4.4 Plan de cierre temporal

El Plan de cierre temporal permitirá la protección de las zonas de explotación e infraestructura de forma tal que puedan volver a su desarrollo normal en el menor tiempo posible al momento del cese del cierre temporal de la explotación. El cierre temporal podrá darse por circunstancias económicas o del mercado, operacionales o por requerimiento de las autoridades mineras y ambientales, o por condiciones adversas en el territorio.

Las principales actividades dentro del Plan de cierre temporal serán:

- Instalación de barreras que impidan el acceso a los diferentes equipos y frentes de trabajo.
- Vigilancia de la infraestructura existente para evitar hurtos y accidentes.
- Señalización de los frentes de explotación que informen sobre el impedimento del acceso a éstos.
- Socialización de la situación del proyecto con las comunidades, informando el cierre temporal de las actividades de explotación.
- Inspecciones geotécnicas periódicas para verificar condiciones de estabilidad, las cuales se efectuarán semestralmente durante el tiempo que dure el cierre temporal y serán adelantadas por personal especializado. De acuerdo con las novedades encontradas en cada inspección se elaborará un plan de acción y seguimiento para disminuir el riesgo que se pueda presentar.
- Adicionalmente se verificará semanalmente al inicio y luego se podrá variar según los resultados de las verificaciones realizadas, el comportamiento y evolución de las laderas y taludes de la mina con personal técnico propio, quienes monitorearán la evolución de los frentes y programar acciones correctivas menores para mantener las condiciones de seguridad de las diferentes áreas objeto del cierre temporal.
- Se aplicará tratamiento correctivo a las laderas y taludes que presenten variación negativa, de acuerdo con la inspección realizada. En términos generales el tratamiento correctivo consiste en retirar, con los equipos existentes, material que puedan presentar riesgo de desprendimiento.

- Durante el cierre temporal se realizarán actividades periódicas de limpieza y mantenimiento de canales, cunetas y obras de protección, con una periodicidad mensual o de acuerdo con la necesidad.
- Durante el período que se extienda el cierre temporal se mantendrá el riego de vías con el fin de mitigar las emisiones por la acción eólica sobre las vías sin pavimentar existentes y sobre los frentes expuestos. En la medida que sea posible, el riego se efectuará con una periodicidad similar a la de la operación, siempre que la causa de la suspensión de las actividades relacionadas con la operación de la mina lo permita.
- Durante el cierre temporal se plantea el desarrollo de un monitoreo de los sedimentadores existentes con el fin de evitar la colmatación de los mismos y garantizar su funcionalidad durante el cese de actividades operativas en la mina. Para tal fin se programarán rutinas de inspección mensual que permitirán identificar el momento oportuno para realizar las limpiezas y los mantenimientos correspondientes. De ser necesario se construirán obras temporales para el control de escorrentía como rondas de coronación, cunetas, canales recolectores y descoles con disipadores de energía, en las zonas donde se requiera, con la finalidad de evitar la aparición de zonas inestables y procesos erosivos que dificulten el reinicio de las actividades operativas.
- Instalar señalización alrededor de la mina para indicar que se prohíbe la caza, al igual que la captura de especies.
- Durante el cierre temporal se efectuarán inspecciones periódicas para controlar la disposición inadecuada de residuos en cuerpos de agua y en sitios diferentes de los autorizados, así como la quema de residuos al aire libre.
- Durante el cierre temporal las actividades de vigilancia seguirán desarrollándose de manera habitual. Las actividades administrativas se limitarán a las necesarias para asegurar el mantenimiento del área desde el punto de vista técnico, ambiental, legal y tributario.
- Algunos sistemas de apoyo seguirán en funcionamiento para atender cualquier eventualidad, tales como los sistemas de comunicación, sistemas de respuesta ante emergencias, suministro de agua potable, desaguado del tajo de la mina, captación y bombeo de filtraciones, sedimentadores principales, sistemas de suministro de agua contra incendios, circuitos cerrados del suministro de electricidad, subestación eléctrica y sistema de seguridad.

10.1.4.5 Actualizaciones del Plan de Cierre

Con el fin de asegurar su trazabilidad y vigencia, el Plan de Cierre será actualizado integralmente cada cinco (5) años, o antes cuando ocurra cualquiera de las siguientes circunstancias:

- Cambios sustanciales en el diseño del tajo, los depósitos de estériles o las instalaciones principales.
- Modificaciones a la Licencia Ambiental o al Plan de Manejo Ambiental (PMA) que alteren las actividades de rehabilitación, compensación o manejo de aguas.
- Incorporación de nueva información geotécnica, hidrogeológica o de monitoreo ambiental que indique la necesidad de ajustes.
- Variaciones relevantes en la vida útil del proyecto o en el plan de producción.
- Requerimientos formales de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) o de la Agencia Nacional de Minería (ANM).

En la Tabla 10.1.7 se presenta una matriz de actualización del Plan de Cierre, la cual orienta sobre eventos que generarían actualización.

Tabla 10.1.7 Matriz actualización Plan de Cierre

Hito / Evento que activa actualización	Tipo de cambio	Fuente de información	Evidencia requerida	Acción requerida en el PTO	Responsable
Modificación en el diseño del tajo (geometría, fases, profundidades, rampas)	Diseño operacional	Modelación geotécnica / mina; informes técnicos	Plano actualizado, memorias de cálculo, modelo 3D	Ajustar secuenciamiento minero, estabilidad final, accesos y medidas de cierre	Área de Planeación Minera
Modificación de la Licencia Ambiental o del PMA	Ambiental / normativo	ANLA – Resoluciones	Acto administrativo y capítulo modificado	Ajustar programas de restauración, manejo de aguas, compensaciones	Área Ambiental
Reducción o incremento significativo en reservas o vida útil del proyecto	Económico / operativo	Reportes de reservas y producción	Informe técnico de reservas NI43-101 / JORC	Ajustar cronograma de cierre, costos y fases	Área Planeación Minera
Avance del cierre progresivo	Operacional / ambiental	Informes trimestrales	Evidencia fotográfica, reportes de avance, monitoreos	Actualizar porcentaje de avance, metas y tareas pendientes	Área de Operaciones
Cambios en infraestructura (relaveras, plantas, talleres, campamentos)	Infraestructura	Ingeniería de Proyectos	Planos y especificaciones actualizadas	Ajustar plan de desmantelamiento y disposición final	Área de Ingeniería
Eventos imprevistos (emergencias, deslizamientos, fallas geotécnicas)	Geotécnico / riesgo	Inspecciones, sensores, drones	Reporte técnico del evento	Ajustar diseño final, medidas de estabilización y obras de cierre	Geotecnia / Seguridad Minera
Actualización periódica obligatoria	Operativo / normativo	Política interna del proyecto	Registro de avances	Actualización integral del Plan de Cierre	Equipo interdisciplinario PTO

Fuente: Gramalote Colombia, 2025

10.1.4.6 Plan de Cierre Final

El Plan de cierre final incluye el cierre definitivo de aquellas instalaciones que han culminado su vida útil finalizada la operación del proyecto. Este plan será actualizado con base en las modificaciones que se le hagan al Plan de cierre inicial, cambios del Plan minero, modificaciones de los Esquemas de Ordenamiento Territorial y demás cambios que induzcan un mejor cierre para la mina.

Su planeación permite evaluar durante la vida operativa de la mina los riesgos relacionados con el cierre, establecer las especificaciones detalladas de las tareas a realizar, efectuar consultas respecto al cierre de mina e incorporar cualquier cambio efectuado a las operaciones mineras.

El cierre final incluye la ejecución propiamente dicha de las actividades de cierre y la definición de los diseños de ingeniería para el desmantelamiento, demolición, estabilización de terrenos, rehabilitación de las tierras, reconversión laboral, y propiedad y acceso a tierras.

A. Demolición y desmantelamiento final de instalaciones y equipos

Al finalizar la vida útil del proyecto, algunas instalaciones como infraestructura y equipos pierden utilidad; en este punto se incluye el desmontaje, desarme, retiro, transporte y disposición de los elementos constituyentes del proyecto que ya no sean necesarios,

Según el uso propuesto del suelo, una vez finalice la actividad minera, algunas construcciones no tendrán que ser demolidas porque seguirán prestando algún servicio, como es el caso de campamentos, plantas de tratamiento, redes de distribución, parqueaderos y zonas de servicio.

El desmonte de la maquinaria y equipos comprende desarme y limpieza de sus diferentes componentes, los cuales podrían ser aprovechados de distintas maneras; bien montaje en una nueva mina, venta como maquinaria de segunda, venta como chatarra, o finalmente serán dispuestos según lo determine su naturaleza y composición.

Los componentes de las maquinarias a desmontar que contengan grasas, aceites o combustibles serán drenados y limpiados. Los fluidos y elementos resultantes de dichos procedimientos serán almacenados en recipientes adecuados para darles el tratamiento pertinente.

En las zonas de almacenamiento de residuos, el desmantelamiento comprende principalmente los sistemas de transporte de agua y colas, así como el desmantelamiento de canales de derivación que no sean necesarios. Todo el material sobrante y el generado por el proceso de demolición serán utilizados en la nivelación faltante de la Cantera 2, permitiendo una rehabilitación final acorde con la morfología del entorno circundante. Las estructuras metálicas serán retiradas del proyecto para ser dispuestas apropiadamente.

El desmantelamiento y demolición comprende los siguientes componentes del proyecto Gramalote:

B. Tajo de explotación Gramalote

El cierre y rehabilitación del tajo Gramalote se realizará a través de llenado con agua, hasta la cota 813,9 msnm, a fin de prevenir la generación de drenaje ácido de rocas y mejorar las condiciones paisajísticas.

El llenado del tajo Gramalote se realizará mediante la captación de una fracción del caudal de la quebrada Guacas aunada a los flujos por precipitación directa, escurrimiento y aguas subterráneas. Una vez se complete el llenado del tajo, se realizará la obturación del túnel de desviación de la quebrada Guacas, permitiendo que se restablezca el cauce natural de la quebrada hacia el río Nus y la integración del cuerpo de agua artificial, conformado en el tajo, con la dinámica de la quebrada Guacas,

El esquema conceptual del llenado comprende la derivación desde la presa de Guacas, de una fracción del caudal de la quebrada y la conducción por gravedad hacia el tajo, mediante el restablecimiento de ese tramo del cauce natural, la construcción de un vertedero para el

ingreso del agua al tajo y de la estructura de descarga hacia el antiguo cauce de la quebrada Guacas.

Durante el proceso de llenado del tajo, seguirá fluyendo por el túnel de desviación de Guacas, el caudal ecológico de la fuente hídrica. El túnel de desviación será obturado una vez se alcance la cota máxima de llenado del tajo, se restablezca el cauce natural de la quebrada Guacas, adaptándose a las condiciones geomorfológicas del terreno en ese momento, y consecuentemente se inicie el flujo hacia el río Nus. En el Anexos_PLAN_CIERRE_Planta-Perfil_Cierre_Tajo, se presentan los planos en planta y perfil de la conformación final del tajo del proyecto Gramalote, en la Figura 10.1.16y en laFigura 10.1.17 se presenta la conformación final del tajo Gramalote. El área de intervención del tajo Gramalote es de 74,6 ha, llegando a la cota 480 m s.n.m. de profundidad al final de la explotación de este.

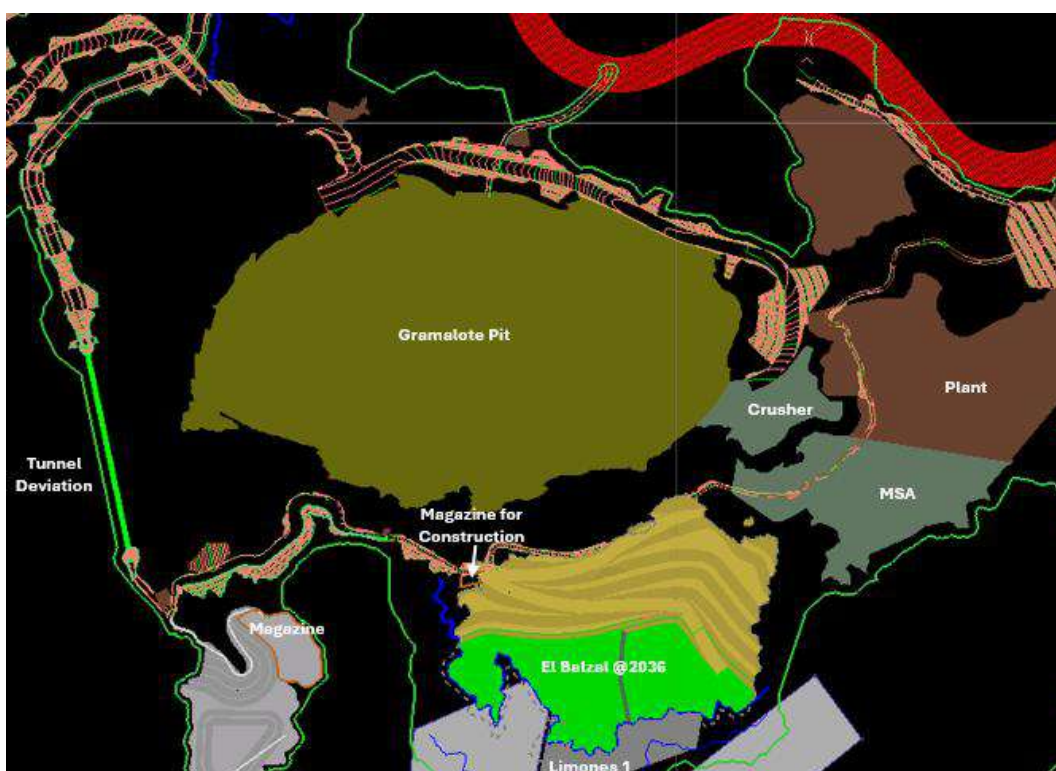


Figura 10.1.16 Conformación Tajo Gramalote

Fuente: Tierra Group, 2026

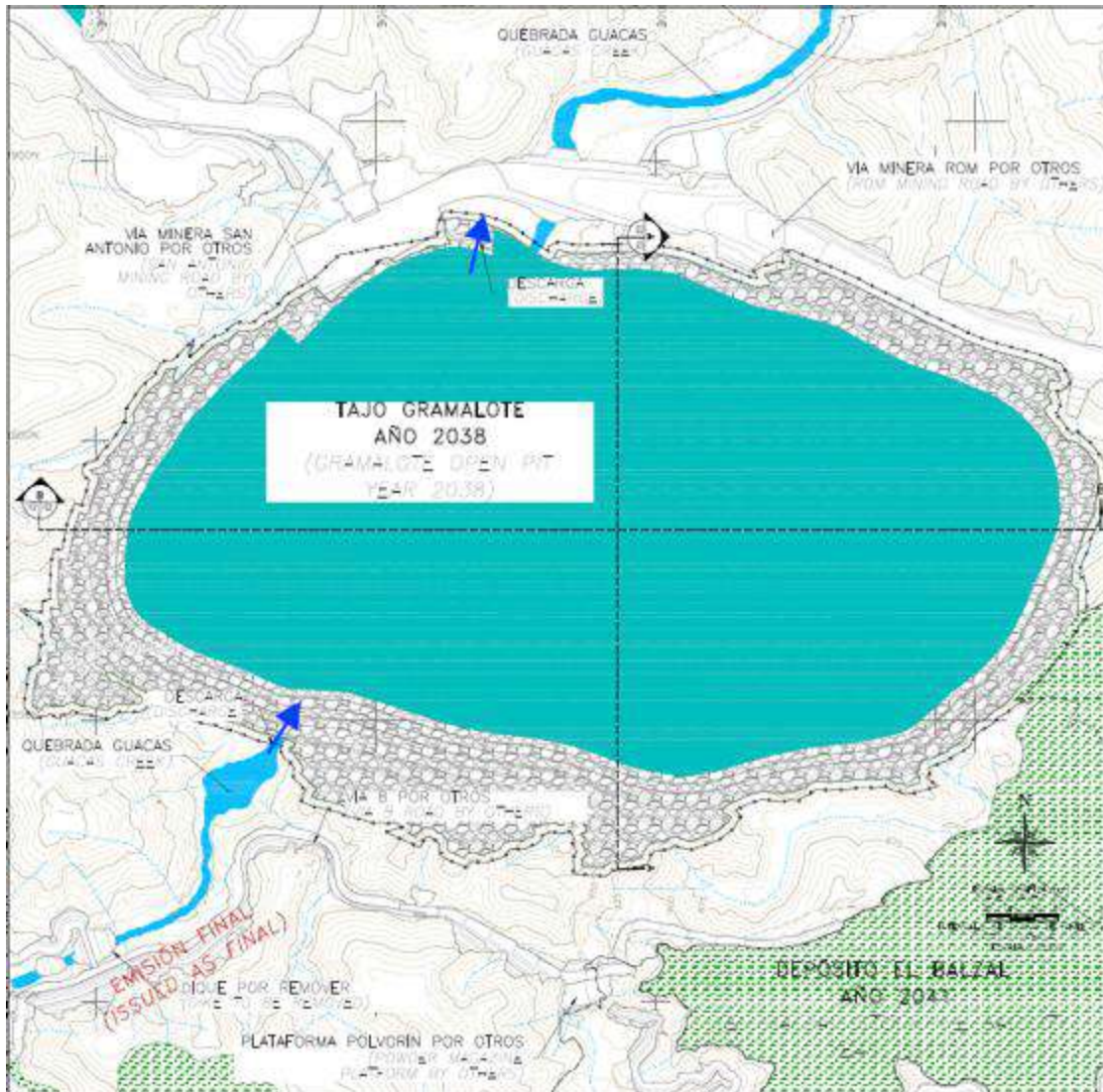
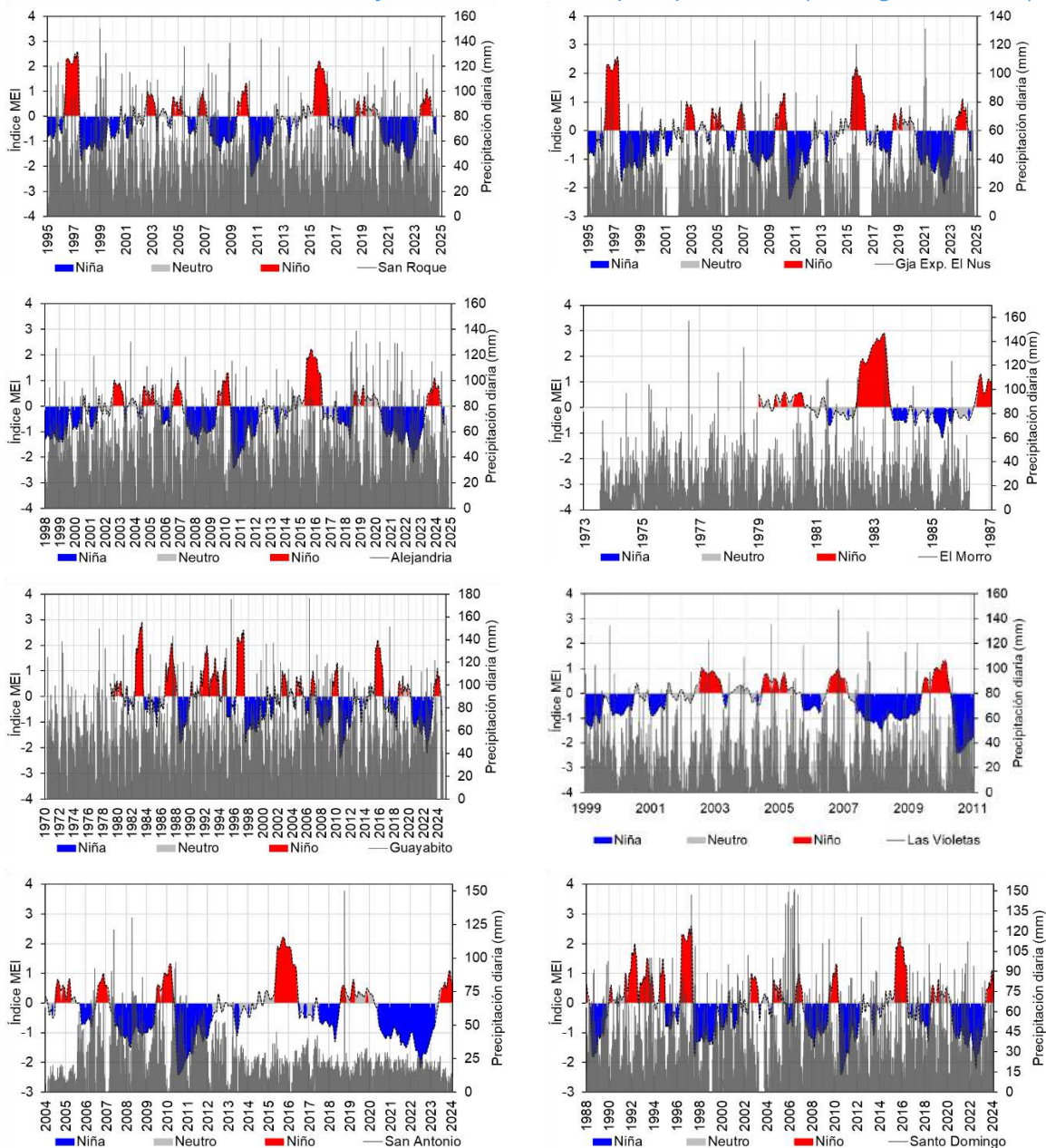


Figura 10.1.17 Conformación final Tajo Gramalote

Fuente: Tierra Group, 2026

a. Llenado de Tajo Gramalote

El cálculo del proceso de llenado del Tajo Gramalote se calculó eligiendo los años 2015 a 2016 coincidente con el fenómeno del niño y 2021 coincidente con el fenómeno de la niña, los fenómenos recientes con mayor influencia en las precipitaciones (ver Figura 10.1.18).



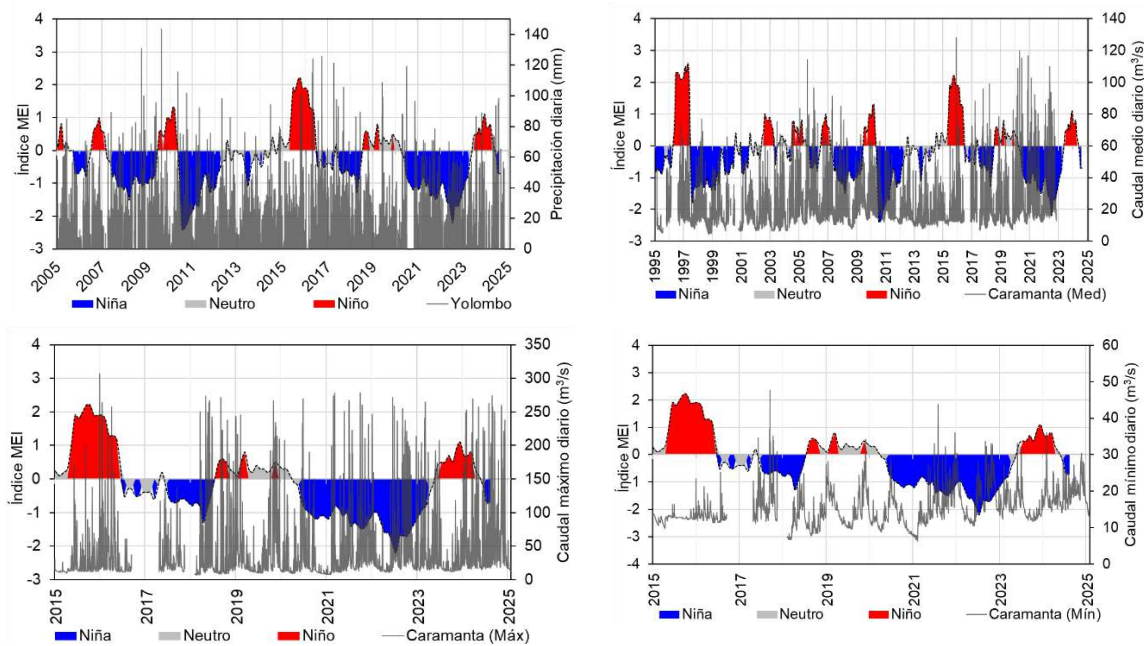


Figura 10.1.18 Análisis gráfico realizado para verificar la correlación de la precipitación y el caudal con el fenómeno ENSO.

Fuente: Integral S.A., 2025

Lo anterior permitió realizar la estimación del llenado del PIT para los años previamente mencionados, considerando que, para el mes de enero, que corresponde al período de menores precipitaciones, el llenado del PIT podría llevar entre seis y nueve meses. Esta estimación asume que, durante toda la maniobra, el túnel de desviación permanece completamente abierto, garantizando el paso del caudal ambiental de la quebrada Guacas, correspondiente a 2,58 m³/s.

En la Tabla 10.1.8 se presenta el resumen de los tiempos de llenado encontrados realizando el balance de masas (Routing ver en 2_GENERALIDADES\ 2.3.12.4.1 Plan de cierre inicial la metodología de cálculo) de las aguas que entran y las que salen (ver Anexos_PLAN_CIERRE_RoutingPIT), el volumen del PIT cuando se llena hasta la cota de salida hacia el canal natural del Guacas 813,94 msnm con un volumen de 76.561.828 m³.

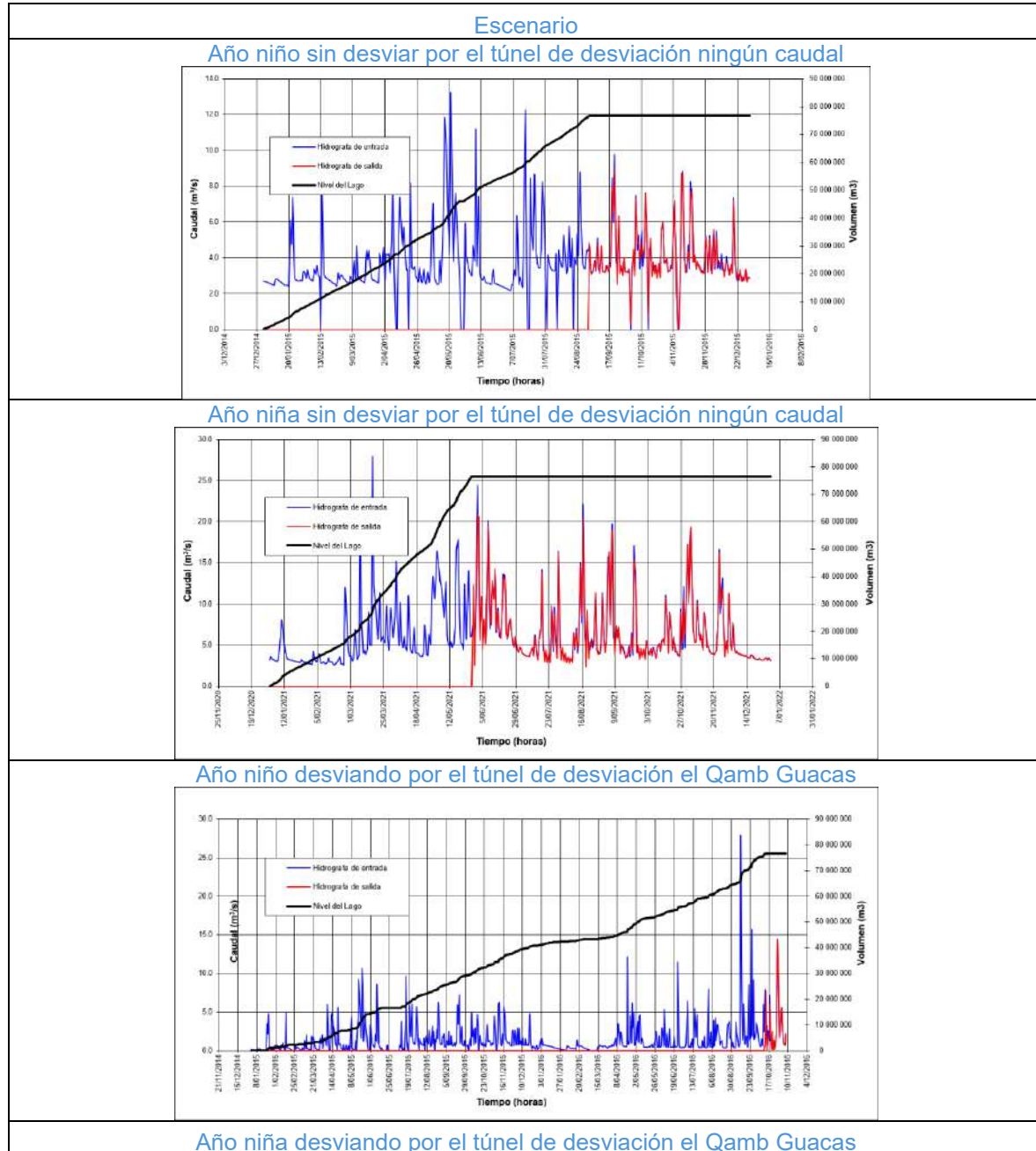
Tabla 10.1.8 Escenarios de llenado del PIT

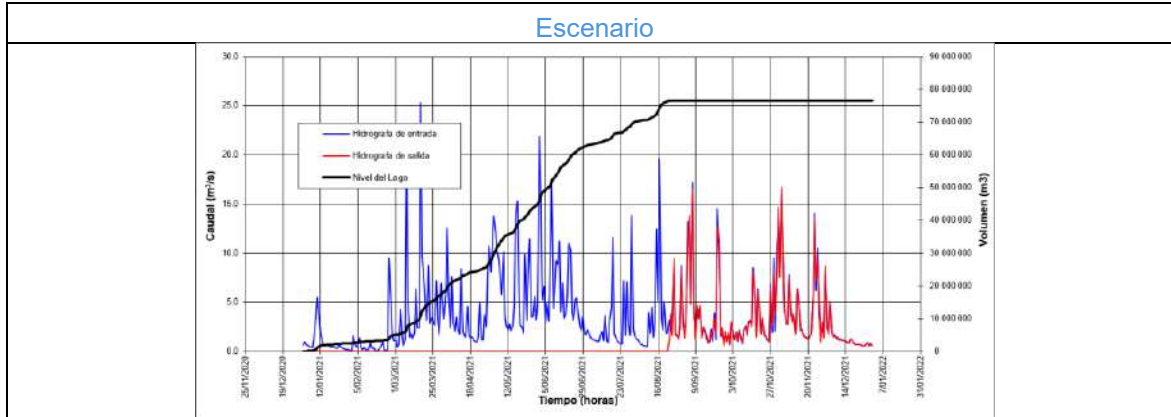
Escenario	Caudal ambiental desviado (m3/s)	Duración del proceso de llenado (meses)
Año niño sin desviar por el túnel de desviación ningún caudal	0	9
Año niña sin desviar por el túnel de desviación ningún caudal	0	6
Año niño desviando por el túnel de desviación el Qamb Guacas	2,58	22
Año niña desviando por el túnel de desviación el Qamb Guacas	2,58	9

Fuente: Integral S.A., 2025

En la Tabla 10.1.9 se presentan los hidrogramas de entrada y salida del tajo la curva acumulada del volumen de salida, el hidrograma del tajo de salida está controlado por la ecuación cota caudal de la sección natural de salida.

Tabla 10.1.9 Gráficas de llenado del PIT





Fuente: Integral S.A., 2025

En escenarios de sequías más severas, el tiempo de llenado podría extenderse hasta aproximadamente dos años. Este período se considera como un factor de seguridad para la planificación del proyecto. En consecuencia, las obras requeridas para preparar todas las actividades asociadas al proceso de llenado se estima que podrían ejecutarse en un plazo del orden de dos años, particularmente en el caso de presentarse un evento de El Niño de alta intensidad que obligara a esperar el retorno de condiciones de lluvia favorables para iniciar la maniobra de llenado.

Durante el proceso de llenado, los taludes del PIT serán objeto de un monitoreo geotécnico permanente, con el fin de identificar oportunamente cualquier condición de inestabilidad. En caso de detectarse alguna situación que comprometa la estabilidad del PIT, la maniobra de llenado se suspenderá de manera inmediata, desviando la totalidad del caudal a través del túnel de desviación hacia la quebrada San Antonio.

C. Depósitos de estériles

Para el cierre final de los depósitos de estériles San Antonio y el Balsal, los criterios de diseño provienen de regulaciones, guías, estándares internacionales y condiciones específicas del Proyecto. La Tabla 10.1.10 presenta un resumen de los criterios de diseño adoptados para el cierre de los depósitos San Antonio y El Balsal, incluyendo el manejo de aguas superficial.

Tabla 10.1.10 Parámetros de diseño para el cierre de los depósitos San Antonio y El Balsal

Descripción	Criterio	Base	Fuente
Sismicidad y Geotecnia			
Clasificación del Riesgo	San Antonio: Alta El Balsal: Alta Presas de Sedimentadores El Banco y San Antonio: Significativa	Según lo definido en Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design (Hawley y Cunning, 2017) y Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams (CDA, 2019).	Hawley y Cunning, 2017; CDA, 2019; Tierra Group
Sismicidad: Terremoto de diseño	San Antonio & El Balsal: Evento Maximo Creible	Basado en condiciones operativas y a largo plazo.	Golder, 2022; CDA, 2019; Tierra Group.

Descripción	Criterio	Base	Fuente
	(MCE) 0.370g		
Factores de seguridad (FS) - Estabilidad	San Antonio & El Balzal: FS Estático ≥ 1.5 FS Pseudo-estático ≥ 1.0 FS Post-pico ≥ 1.2	Las instalaciones deben resistir condiciones de carga estática, pseudoestática y post-pico.	Hawley y Cuning, 2017; BCMWRPRC, 1991; CDA, 2019; Tierra Group.
Manejo de aguas superficiales (No Contacto)			
Canales de derivación Permanente	Caudal máximo resultante del evento de tormenta de 100 años y 24 horas (205 mm), con un bordo libre mínimo de 0.3 m, o el caudal resultante del evento de tormenta de 500 años (240 mm)	Estructuras diseñadas para conducir el evento de tormenta específico sin fallar (erosión o desbordamiento del cauce).	Tierra Group
Rápidas de Drenaje	Caudal máximo resultante del evento de tormenta de 100 años y 24 horas (205 mm), con un bordo libre mínimo de 0.3 m.	Estructuras diseñadas dentro y alrededor de la Planta de los depósitos para conducir eventos de tormenta específicos sin fallas (como erosión o desbordamiento de las márgenes).	Tierra Group
Sedimentadores – Vertedero de emergencia			
Vertedero de emergencia – Evento tormenta de diseño	Evento de tormenta de 500 años con duración de 24 horas (240 mm).	Estructuras diseñadas para conducir el evento de tormenta específico sin fallar (erosión o desbordamiento del cauce).	Tierra Group
Vertedero principal – Evento tormenta de diseño	Evento de tormenta de 25 años con duración de 24 horas (177 mm).	Estructuras diseñadas para conducir eventos de tormenta específicos sin fallar (erosión o desbordamiento del cauce). Evento de tormenta de diseño utilizado para dimensionar el vertedero principal (tubo vertical perforado (perforated riser) y sistema de entrada por caída (drop inlet system)).	Tierra Group, Integral, 2018
Vertedero de emergencia – Bordo Libre	0.5 m	Se mantendrá el borde libre en el vertedero de emergencia al pasar el caudal máximo del evento de tormenta de 500 años	Tierra Group
Concentración máxima de sedimentos (TSS por sus siglas en inglés)	50 mg/l	La concentración máxima de sedimentos en la descarga debe ser inferior a 50 mg/L, según las directrices de la IFC.	Tierra Group

Fuente: Tierra Group, 2026

Tabla 10.1.11 Parámetros de diseño para el cierre del depósito San Antonio

Parámetro	Descripción	Fuente
Apilamiento de estériles		
Volumen almacenado	Volumen Total Máximo (Oxidos y Roca Fresca): 94.25 millones de metros cúbicos (Mm3)	Gramalote
Altura total Volumen máximo	153 m	Gramalote
Ancho de Banco	30 m (min)	Gramalote
Altura de Banco	50 m (Min)	Gramalote
Talud de Banco	3.0 H:1.0V	Gramalote
Talud Global	3.60 H:1.0V	Gramalote
Tipo de material	Tonalita y Saprolito	Gramalote
Año Programado para el cierre	2038	Gramalote
Apilamiento de Mineral Sub-Económico		
Volumen almacenado	Volumen Total Máximo: ~21.79 Mm3 Plataforma (Estériles): 2.59 Mm3. Subeconómico: 19.20 Mm3	Gramalote
Altura total volumen máximo	110 m	Gramalote
Ancho de Banco	30 m (min)	Gramalote
Altura de banco	50 m (min)	Gramalote
Talud de Banco	3.0 H:1.0V	Gramalote
Talud Global	3.60 H:1.0V	Gramalote
Tipo de Material	Material Subeconómico	Gramalote
Año programado para el cierre	2038	Gramalote

Parámetro	Descripción	Fuente
Propiedades Geoquímicas		
Tipo de Material	<p>Estériles:</p> <ul style="list-style-type: none"> Óxidos: ~ 0% PAG [1] Sulfuros (Roca Fresca): ~ 6.3% PAG y 93.7% No-PAG [1] <p>Material Sub-Económico:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sulfuros(Roca Fresca): ~ 22.6% PAG, 77.4% No-PAG¹ 	Gramalote
Canales de derivación permanente		
Revestimiento	Geoceldas rellenas con concreto	Tierra Group
Taludes laterales	2.0 H:1.0V	Tierra Group
Pendiente mínima del canal	35.0 %	Tierra Group
Sección	Trapezoidal	Tierra Group
Chutes		
Revestimiento	Geoceldas rellenas con concreto	Tierra Group
Taludes laterales	2.0 H:1.0V	Tierra Group
Pendiente mínima	35.0 %	Tierra Group
Sección	Trapezoidal	Tierra Group
Vertedero de sedimentos		
Revestimiento	Riprap (Espesor_10 cm)	Tierra Group
Taludes laterales	Vertedero Principal No side slopes	Tierra Group
Pendiente de canal	Vertedero de emergencia: 1H:1V	Tierra Group

¹ Porcentajes por ser confirmados en la próxima etapa de ingeniería

Parámetro	Descripción	Fuente
Sedimentadores		
Capacidad total (hasta elevación del vertedero de emergencia)	San Antonio: 123,358 m ³ El Banco: 272,404 m ³	Tierra Group
Profundidad de diseño	San Antonio: 4.7 m El Banco: 4.5 m	Tierra Group
Revestimiento	Talud Aguas Arriba: Geotextil no tejido de 270 g/m ² Geomembrana LLDPE de 1.5 mm	Tierra Group

Fuente: Tierra Group, 2026

Tabla 10.1.12 Parámetros de diseño para el cierre del depósito El Balsal

Parámetro	Descripción	Fuente
Apilamiento de estériles		
Volumen almacenado	Volumen Total Máximo (Año 2041): 3.30 Mm ³	Gramalote
Altura total Volumen máximo	~55 Mm ³	Gramalote
Ancho de Banco	30 m (min)	Gramalote
Altura de Banco	~50 m (Min)	Gramalote
Talud de Banco	3.0 H:1.0V	Gramalote
Talud Global	3.0 H:1.0V	Gramalote
Tipo de material	Estériles (Plataforma)	Gramalote
Año Programado para el cierre	2041	Gramalote
Propiedades Geoquímicas		

Parámetro	Descripción	Fuente
Tipo de Material	16.8% PAG y 83.2 % No-PAG ²	Gramalote
Canales de derivación permanentes		
Revestimiento	Geoceldas rellenas con concreto	Tierra Group
Taludes laterales	1.5 H:1.0V	Tierra Group
Pendiente mínima del canal	1 %	Tierra Group
Sección	Trapezoidal	Tierra Group

Fuente: Tierra Group, 2026

- Descripción Depósito San Antonio

El depósito San Antonio estará ubicado al oeste del tajo Gramalote, en una zona con terreno accidentado y está conformado por dos cuerpos llamados depósitos San Antonio y Subeconómico, los cuales almacenan desmonte de mina durante un periodo de 10 años, con finalización de la operación programada para el año 2038. El volumen máximo de almacenamiento de los depósitos San Antonio y Sub-económico es de 94.25 Mm³ y 21.79 Mm³, respectivamente.

Para la etapa de operación, el depósito San Antonio incluye:

- Un sistema de sub-drenes instalados en el área de fundación que sirve para ayudar a reducir la presión de poros durante el periodo de operación y cierre. Asimismo, permite la recolección y conducción de agua que se infiltra a través de la masa de desmonte, evitando acumulaciones internas que podrían saturar y debilitar el material, también contribuye a manejar la calidad del agua que sale del depósito, minimizando la posibilidad de contaminación aguas abajo.
- Canales de aguas no contactadas diseñados para desviar las aguas provenientes principalmente de la escorrentía superficial generada por las lluvias en los taludes adyacentes a los depósitos.
- Canales y cunetas de aguas contactadas diseñados para derivar las aguas generadas dentro del propio depósito, producto de la lluvia que cae directamente sobre su superficie o del flujo que circula sobre los materiales almacenados.
- Un sistema de instrumentación para el monitoreo y control de los niveles piezométricos del depósito.

² Porcentajes por ser confirmados en la próxima etapa de ingeniería

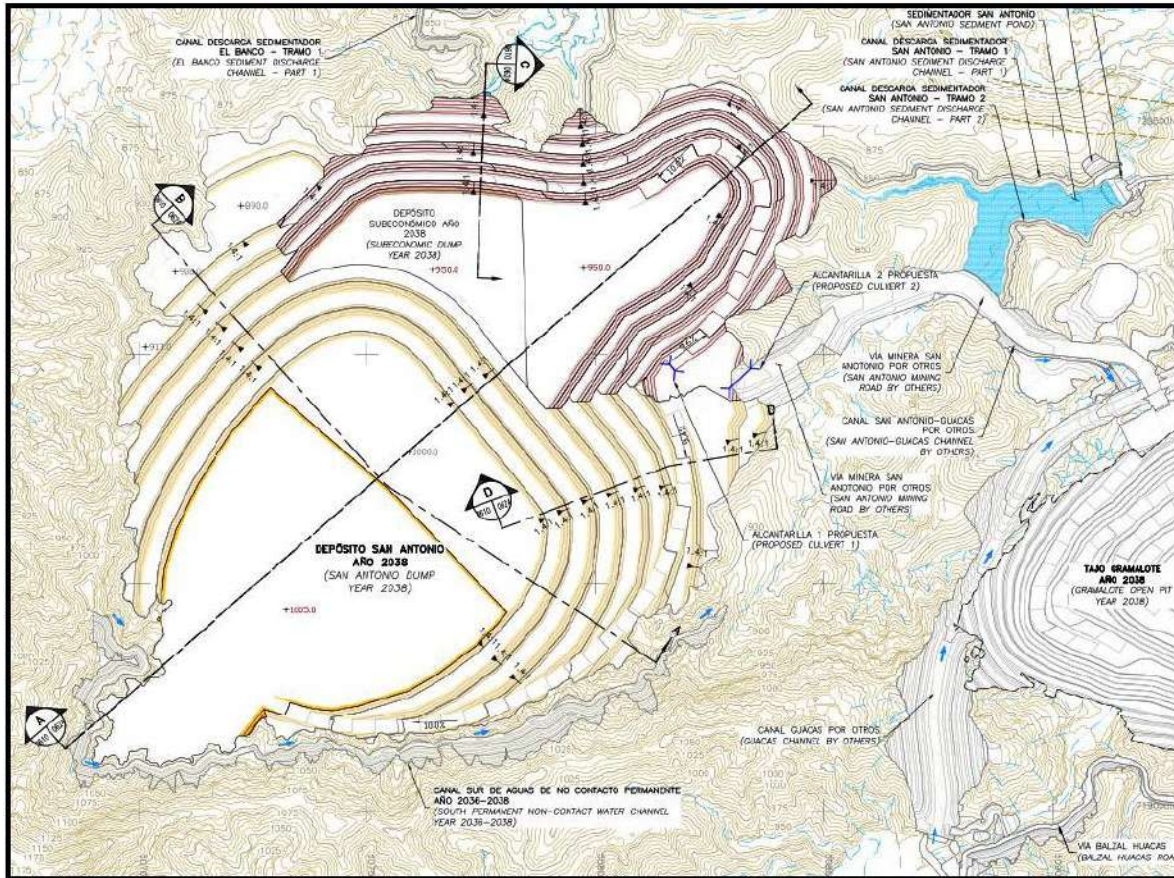


Figura 10.1.19 Depósito San Antonio – Operación 2038

Fuente: Tierra Group, 2026

Para la etapa de cierre, la configuración geométrica de los taludes incluye un ancho de banco de 30 m y una altura de banco de 50 m. El talud local es de 3H:1V, alcanzando una altura promedio de 153 m con 3 bancos de apilamiento.

a. Descripción Depósito El Balsal

El depósito El Balsal está ubicado al sur tajo Gramalote, en una zona con terreno accidentado, el cual almacena desmonte de mina y mineral durante un periodo de 13 años (2029-2041). Durante su tiempo de funcionamiento, El Balsal alterna periodos de apilamiento y de procesamiento de material, en el periodo de apilamiento, el volumen máximo de almacenamiento alcanza los 13.47 Mm³ en el año 2037; posteriormente, durante el periodo de procesamiento de material, se conserva un volumen de 3.30 Mm³ en el año 2041, con finalización de la operación programada para el año 2041.

Para la etapa de operación, el depósito El Balsal incluye:

- Un sistema de sub-drenes instalados en el área de fundación que sirve para ayudar a reducir la presión de poros durante el periodo de operación y cierre. Asimismo, permite la recolección y conducción de agua que se infiltra a través de la masa de desmonte, evitando acumulaciones internas que podrían saturar y debilitar el

material, también contribuye a manejar la calidad del agua que sale del depósito, minimizando la posibilidad de contaminación aguas abajo.

- Canales de aguas no contactadas diseñados para desviar las aguas provenientes principalmente de la escorrentía superficial generada por las lluvias en los taludes adyacentes a los depósitos.
- Canales y cunetas de aguas contactadas diseñados para derivar las aguas generadas dentro del propio depósito, producto de la lluvia que cae directamente sobre su superficie o del flujo que circula sobre los materiales almacenados.
- Un sistema de instrumentación para el monitoreo y control de los niveles piezométricos del depósito.

La configuración con el volumen máximo de almacenamiento (año 2037) y final (año 2041) del depósito El Balzal y las estructuras complementarias se muestra en la Figura 10.1.20 y Figura 10.1.21 respectivamente.

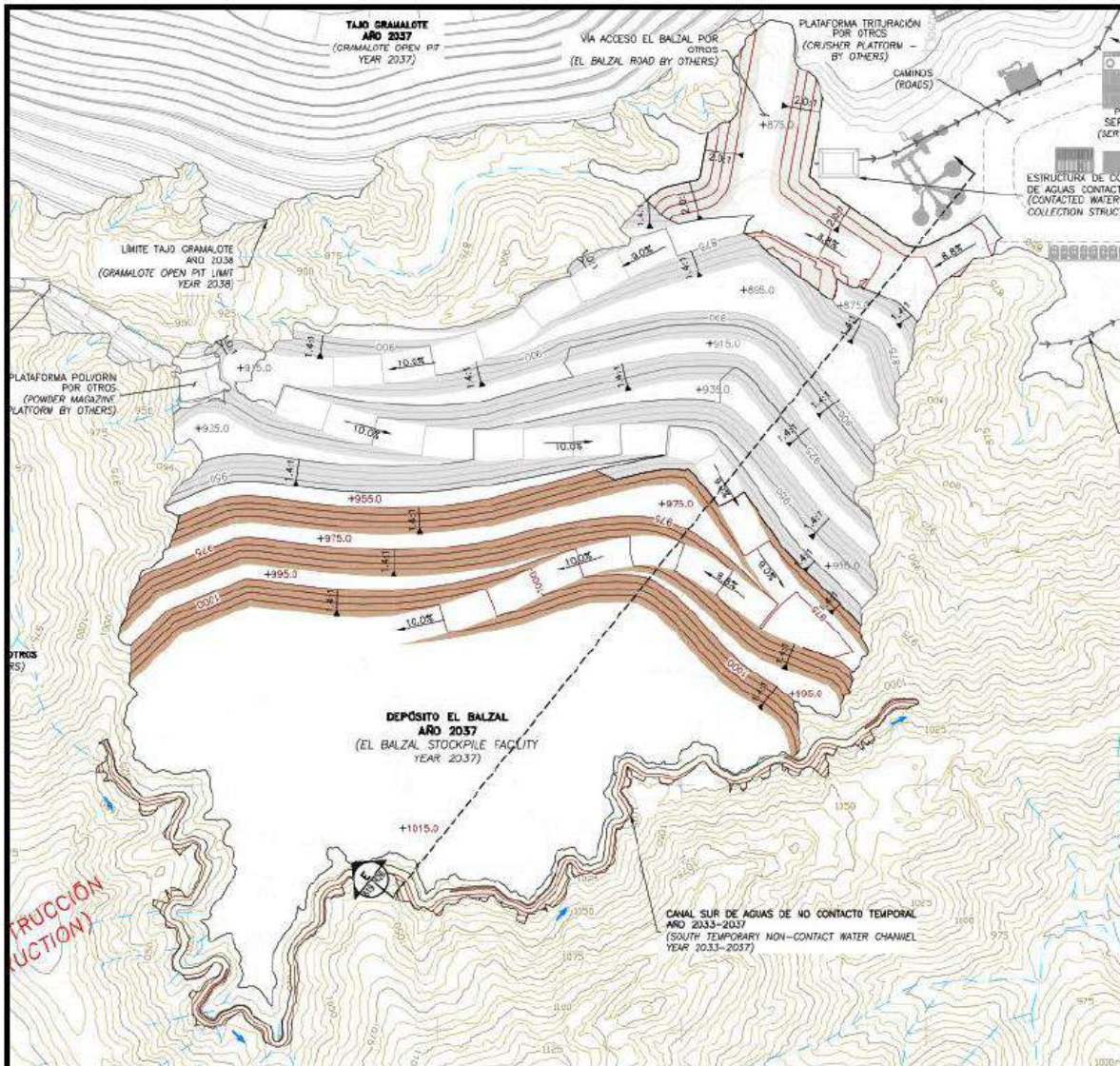


Figura 10.1.20 Depósito El Balsal – Operación 2037

Fuente: Tierra Group, 2026

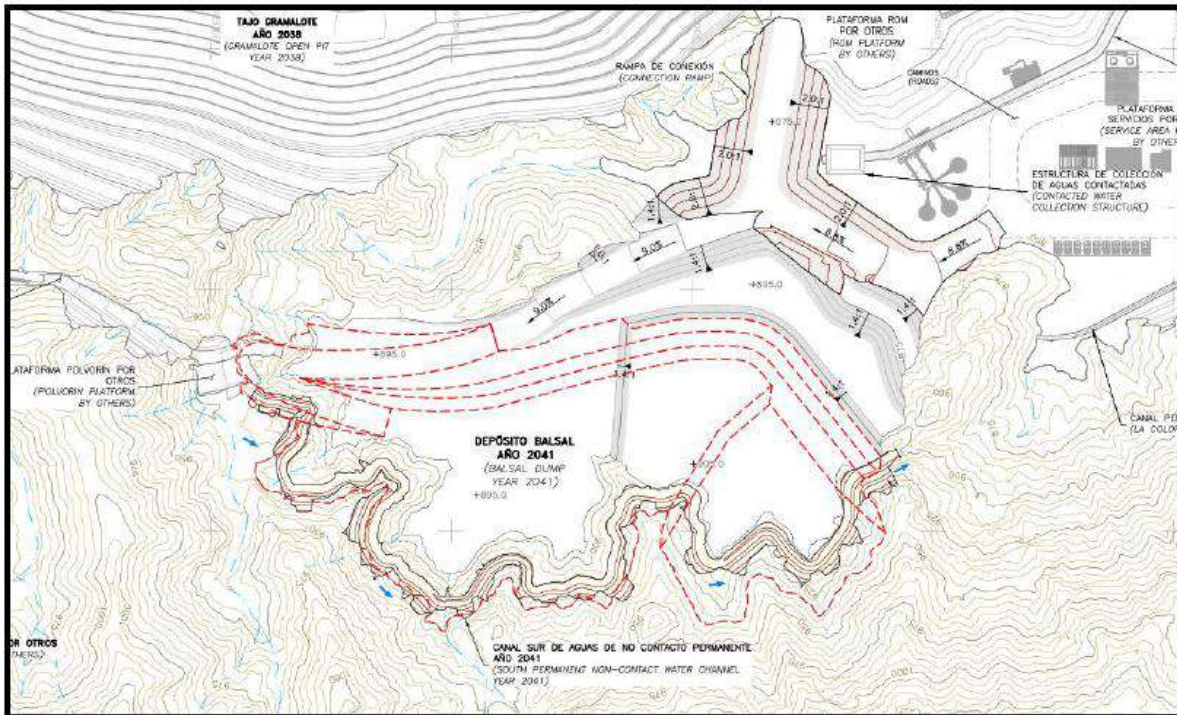


Figura 10.1.21 Depósito El Balsal – Operación año 2041

Fuente: Tierra Group, 2026

Para la etapa de cierre, la configuración geométrica de los taludes incluye un ancho de banco de 30 m y una altura de banco de 50 m. El talud local es de 3H:1V, alcanzando una altura promedio de 55 m con un talud uniforme de 3H:1V (Plataforma de apilamiento).

I. Manejo de aguas

El plan de manejo de aguas del depósito San Antonio está estructurado en tres periodos: el primero abarca desde 2029 hasta 2032, el segundo de 2033 a 2035, y el tercero de 2036 a 2038. Cada periodo contempla la gestión diferenciada de las aguas de contacto y no contacto. Las aguas de contacto serán dirigidas hacia los sedimentadores El Banco y San Antonio, encargados de decantar los sólidos y gestionar el agua adecuadamente. Por su parte, las aguas de no contacto serán canalizadas mediante canales perimetrales dispuestos de oeste a este, para finalmente descargar en la quebrada natural cercana.

Por otro lado, el plan de manejo de aguas del depósito El Balsal está dividido en tres fases: la primera desde 2029 hasta 2032, la segunda de 2033 a 2037 y la tercera de 2038 a 2041. Cada fase considera un manejo diferenciado para las aguas de contacto y no contacto. Las aguas de contacto serán conducidas al sedimentador La Colorada, que tiene como función decantar los sólidos y gestionar adecuadamente el agua. En cuanto a las aguas de no contacto, estas se recolectarán a través de canales perimetrales orientados de oeste a este, para finalmente verterse en la quebrada natural más cercana.

En cuanto al sistema de subdrenaje, se contempla la instalación subdrenes horizontales y verticales que permitan controlar el nivel freático y reducir las presiones de poro en la base y dentro del cuerpo del depósito. Este sistema contribuirá a mejorar la estabilidad del

depósito a largo plazo, facilitando el drenaje de aguas infiltradas y evitando la saturación de los materiales. Las aguas captadas por el subdrenaje serán canalizadas hacia sedimentadores, donde se permitirá la decantación de sólidos en suspensión antes de su disposición final o su reincorporación controlada al entorno.

Ambas estrategias están diseñadas de manera complementaria para garantizar la seguridad y sostenibilidad del depósito en el cierre conceptual. Se busca así prevenir la generación de aguas contaminadas, proteger los cuerpos receptores naturales y cumplir con las regulaciones ambientales vigentes.

b. Actividades de cierre depósitos San Antonio y El Balsal

El cierre de los depósitos San Antonio y El Balsal se ejecutará conforme a las mejores prácticas internacionales, con el propósito de restituir el terreno afectado, en la medida de lo posible, a las condiciones de uso existentes antes del inicio del Proyecto. La Figura 10.1.22 y Figura 10.1.23 presenta una vista detallada de la configuración de los depósitos durante esta fase y el manejo de aguas de escorrentía adicionalmente en el Anexos_PLAN_CIERRE_PlantaPerfil_Cierre_DepositosEsteriles, se presentan los planos en planta y perfil, de la configuración final de los depósitos, donde se puede evidenciar la restauración geomorfológica y el detalle del manejo de aguas de escorrentía.

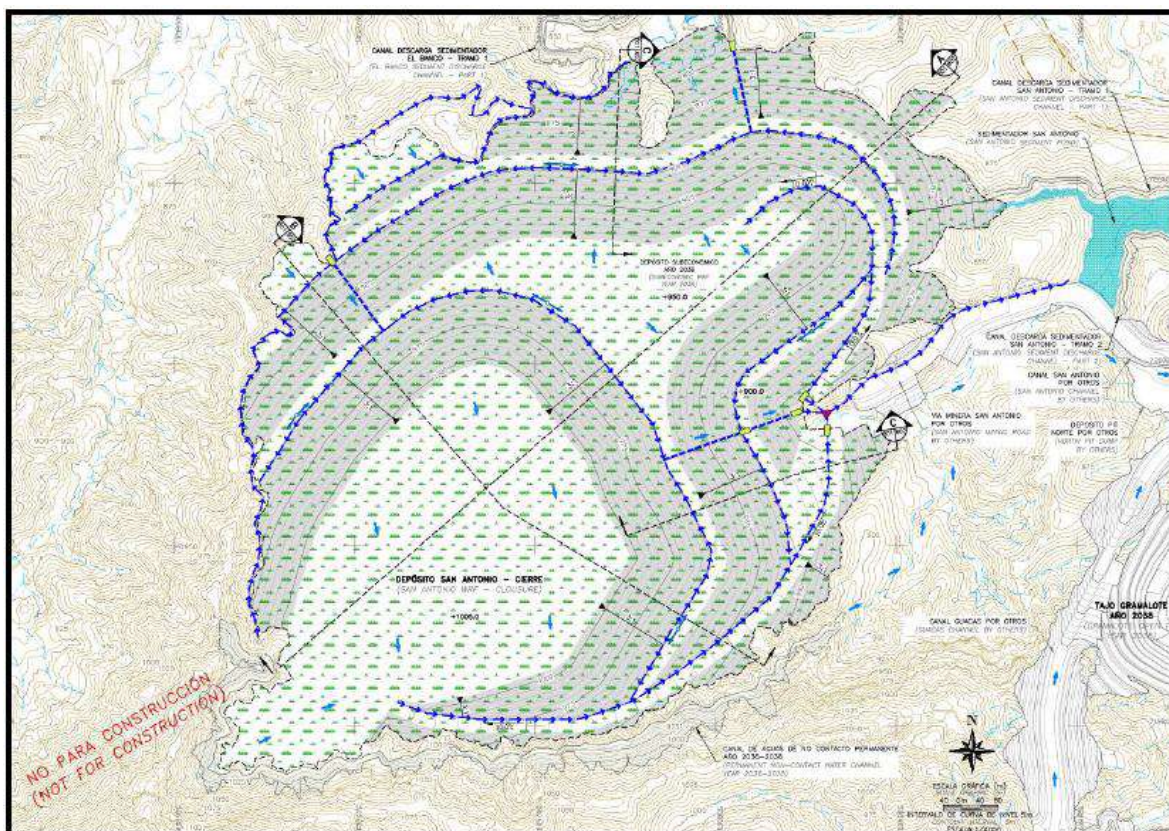


Figura 10.1.22 Configuración del depósito San Antonio durante la etapa de cierre final.

Fuente: Tierra Group, 2026

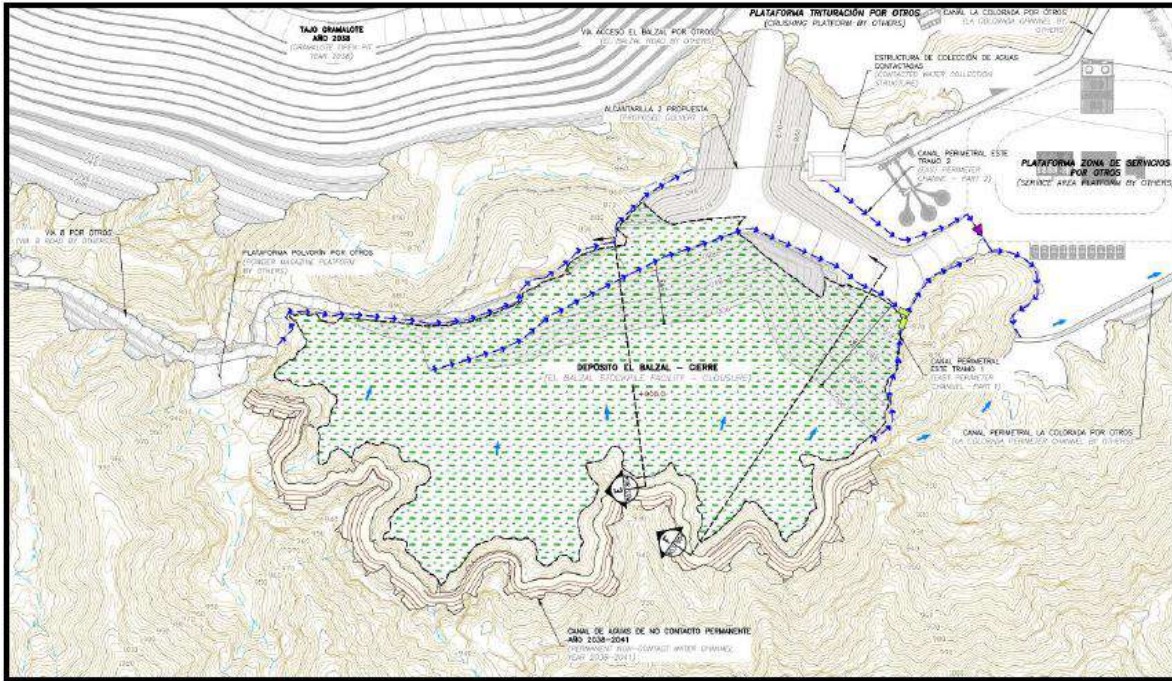


Figura 10.1.23 Configuración del depósito El Balsal durante la etapa de cierre final

Fuente: Tierra Group, 2026

I. Manejo de aguas

El manejo de aguas al cierre incluirá los siguientes elementos:

- Se excavarán canales recolectores de agua sobre la superficie revegetalizada de los depósitos, para conducir la escorrentía de manera segura a través del área revegetalizada hacia afuera de los depósitos y descargada al medio ambiente.
- La calidad del agua será monitoreada periódicamente, y en caso de detectarse problemas, se implementarán las medidas necesarias para garantizar que el agua pueda ser vertida de manera segura al medio ambiente.

Los canales recolectores de agua ubicados sobre la superficie revegetalizada de los depósitos serán excavados y revestidos con geoceldas rellenas de concreto, con el objetivo de conducir de manera segura la escorrentía fuera del depósito. Estos canales tendrán una sección trapezoidal, diseñada para manejar adecuadamente el caudal generado por una tormenta con un período de retorno de 100 años.

Además, el borde libre de los canales está dimensionado para permitir el paso del flujo asociado a una tormenta con un período de retorno de hasta 500 años. En caso de que se presenten eventos más extremos que excedan esta capacidad y se produzca un rebose, será necesario realizar una inspección inmediata y, de ser requerido, ejecutar las actividades correctivas correspondientes.

Tras el cierre de los depósitos, los canales deberán ser inspeccionados periódicamente. El mantenimiento ocasional incluirá tareas como la limpieza de residuos en presas y diques, la remoción de sedimentos acumulados y la reparación de erosión localizada.

II. Revegetalización

Como parte del programa de revegetación, durante la fase operativa se analizará la factibilidad y efectividad del uso de diversas especies vegetales, así como las técnicas de preparación para la siembra. El objetivo de este programa es crear un entorno estable y favorable que promueva la regeneración y colonización natural de las especies nativas de la zona. Cuando sea necesario, el programa post-cierre de revegetación se complementará con actividades adicionales de plantación, siembra, riego y fertilización.

Para prevenir daños potenciales que podrían ocasionar las raíces profundas en los componentes de las estructuras (tales como revestimientos, geotextiles y áreas de relleno), se aplicará una práctica estándar de ingeniería que consiste en evitar el crecimiento de árboles sobre los depósitos. En caso de que árboles se desarrollen de forma natural sobre las superficies de los depósitos, estos serán talados para mantener la integridad estructural. En la Figura 10.1.24 se presenta el detalle de revegetación y distribución de especies propuesta de manera preliminar para los depósitos el Balsal y San Antonio.

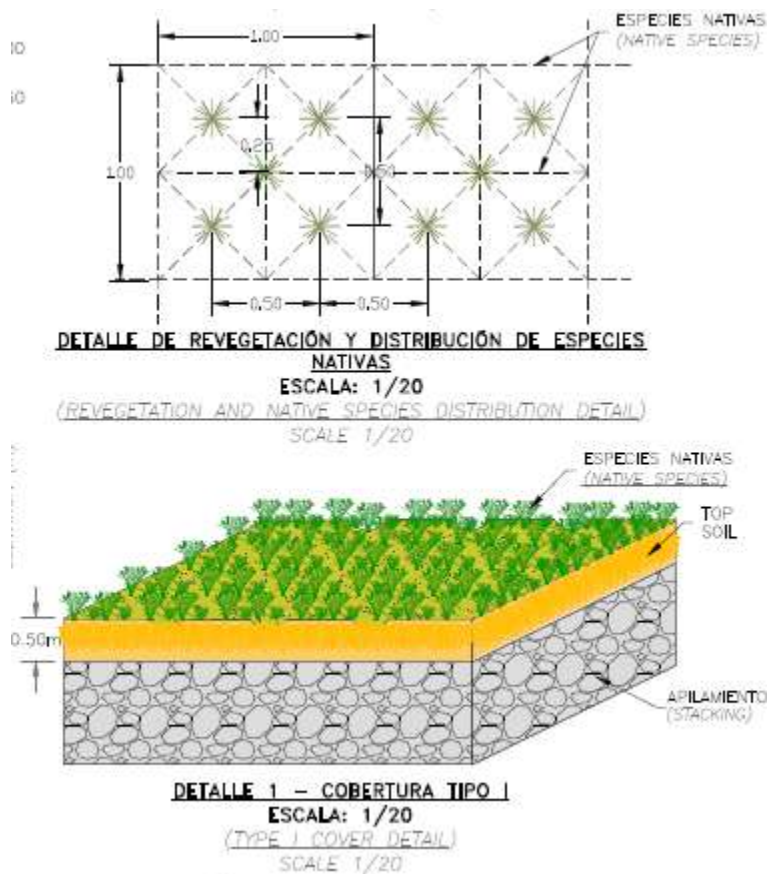


Figura 10.1.24 Detalle de revegetalización y distribución de especies en depósitos el Balsal y San Antonio

Fuente: Tierra Group, 2026

D. Área de manejo de colas (Obra no objeto de modificación)

En las zonas de almacenamiento de residuos, el desmantelamiento comprende principalmente de los sistemas de transporte de agua y colas, así como el desmantelamiento de canales de derivación que no sean necesarios. A continuación, en la Tabla 10.1.13, se presentan los Parámetros de diseño para el cierre para el área de manejo de colas

Tabla 10.1.13 Parámetros de diseño para el cierre para el área de manejo de colas

Parámetros	Descripción	Fuente
Datos de operación		
Capacidad de almacenamiento	76,700,000 toneladas (t)	Golder, 2017
Tasa Nominal de procesamiento mineral	6.0 Mt/año (1) (≈16,438 t/día)	Golder, 2017
Vida Operativa	13 años (2029-2041)	Golder, 2017
Presa		
Método de Construcción	Presa de Arranque: Etapa única Presa de Colas: Eje Central	Golder, 2017
Material de construcción de la presa	Presa de Arranque: Material de Préstamo Presa de Colas: Arena de Hidrociclón	Golder, 2017
Talud aguas abajo	Presa de Arranque: 3.0H:1.0V Presa de Colas Arenas: 4.0H:1.0V	Golder, 2017
Talud aguas arriba	Presa de Arranque de colas: 3.0H:1.0V Presa de Colas: N/A	Golder, 2017
Ancho de cresta (Mínimo)	Presa de Arranque: 15 m Presa de Colas: 30 m	Golder, 2017
Elevación cresta de presa	Presa de Colas (Final): 890.3 m	Golder, 2017
Borde Libre (Mínimo)		
TSF Embalse	Operacional: 3 m	Golder, 2017

Parámetros	Descripción	Fuente
	Hidráulica: 1 m Cierre: 1 m	

Fuente: Golder, 2017

I. Descripción Área de manejo de colas

El proyecto Gramalote, proyecta la extracción y procesamiento de 76.7 millones de toneladas (Mt) de mineral en un periodo de 13 años, a una tasa de procesamiento nominal de aproximadamente 6.0 Mt anuales.

Las colas de flotación serán separadas a través de los ciclones para luego ser dispuestas en el depósito de colas de la siguiente manera:

- Las colas de fracción gruesa (underflow, por sus siglas en inglés) separadas por los ciclones, que se utilizarán para la construcción de la presa de colas; y
- Las colas de fracción fina (overflow, por sus siglas en inglés) depositadas al embalse delimitado por la presa de colas

Para la etapa de operación, el depósito de colas Gramalote incluye:

- Un embalse a través de una porción del valle de la quebrada La Palestina, formado por medio de la construcción de una presa localizada aproximadamente 500 m aguas arriba de la confluencia con el río Nus. El área del embalse de colas se ha diseñado para almacenar 38,3 Mm³ de colas;
- Una presa de arena ciclonada inmediatamente aguas abajo de la sección principal de la presa de arranque de colas, la cual se levantará y extenderá a lo largo de la vida de la mina usando el material de fracción gruesa del proceso de los ciclones. Para alcanzar su configuración final, se estima un requerimiento de 14.4 Mm³ de arena ciclonada, con la elevación final de la cresta ubicada en la cota 890.3 m;
- Un sistema de subdrenes para la presa de colas, ubicado aguas abajo del depósito, con el objetivo de ayudar a reducir la presión de poros durante la fase de operación. La infiltración captada por este sistema de drenaje será conducida hacia un pozo de recolección de infiltraciones, pasando previamente por una estructura de caja de sedimentos situada entre aguas debajo de la presa de colas y pozo de recolección de infiltraciones;
- Un pozo de recolección de infiltraciones, localizada aguas abajo de la presa de colas, para capturar la escorrentía y las infiltraciones provenientes del sistema de subdrenaje de la presa;
- El exceso de agua en el TSF se gestiona mediante un sistema de decantación lateral tipo ladera (sidehill decant system, por su traducción en inglés) por otros, a través del cual el agua fluye por gravedad mediante un sistema de túnel y tuberías hasta la poza de sedimentación torito ubicada en el campamento (Golder, 2013);
- Un sistema de recuperación de agua contactada el cual está conformado por barcas flotantes equipadas con bombas sumergibles, las cuales se ubicarán en el pozo de sobrenadantes y conducirán aguas contactadas hacia el pozo de agua de procesos para su posterior reutilización en la planta;
- Canales de aguas no contactadas diseñados para desviar las aguas provenientes principalmente de la escorrentía superficial generada por las lluvias en los taludes adyacentes a los depósitos y;

- Un sistema de instrumentación para el monitoreo y control de los niveles piezométricos de la presa de colas.

En el Anexo PLAN_CIERRE_Planta-Perfil_Cierre_Areadecolas, se presentan los detalles del plan de cierre del área de manejo de colas, donde se presenta la conformación geomorfológica del área de manejo de colas, así como los perfiles, manejo de aguas y revegetalización del área

II. Manejo de aguas

La calidad de agua para la etapa del cierre busca evaluar, proyectar y garantizar que las aguas superficiales y subterráneas generadas en las instalaciones asociadas al proyecto cumplan con la normatividad ambiental vigente

En general los resultados de la calidad de agua para la etapa de operación del proyecto demuestran que las concentraciones de los componentes se mantendrán por debajo de los límites de vertido colombianos durante todo el periodo de operación. Incluso los análisis de sensibilidad climática (condiciones climáticas húmedas y secas) demuestran una baja variabilidad en las concentraciones en los estanques (Itasca, 2025).

El manejo de aguas del área de manejo de colas del Proyecto Gramalote se basa en la separación y gestión de dos tipos de agua durante la etapa operativa y está estructurado en las siguientes áreas principales.

- **Aguas no contactadas:** Las aguas de no contacto provienen principalmente de la escorrentía superficial generada por las precipitaciones en los taludes naturales o áreas adyacentes al área de colas. Estas aguas de no contacto serán recolectadas y conducidas mediante los canales de derivación sur y norte ubicados en el área circundante al área de colas y aguas abajo del área de colas. Al final de cada canal se proyectan pozas de disipación previo a la descarga al drenaje natural.
- **Aguas contactadas:** Se generan por la lluvia que cae directamente sobre el área de colas y en la escorrentía superficial generada sobre el área bajo los canales de derivación sur y norte. Estas aguas de contacto serán captadas mediante el Sistema de Subdrenaje ubicada en el área de fundación de la Presa de Colas y por las Cunetas Temporales ubicadas en los límites de la Presa de Colas y el terreno natural. Las Cunetas Temporales descargan los flujos captados al Sistema de Subdrenaje, para después ser derivados al Pozo de Recolección de Infiltraciones.
- Por otro lado, las aguas de contacto almacenadas dentro del área de manejo de colas (escorrentía dentro de la cuenca, escorrentía sobre la poza y agua descargada con los relaves) será manejadas dentro del embalse. La poza del área de manejo de colas será la principal fuente de suministro para atender la demanda de planta de proceso, mientras que el túnel de decantación permitirá regular el volumen de la poza derivando los flujos hacia el sedimentador el torito.

III. Actividades de cierre del área de manejo de colas

El cierre del área de manejo de colas de Gramalote se ejecutará conforme a las mejores prácticas internacionales, con el propósito de restituir el terreno afectado, en la medida de

Topographic map of the Colas area, showing the proposed tunnel route and various infrastructure features. The map includes contour lines, roads, and a proposed tunnel alignment. Key features and labels include:

- VERTEDERO DE EMERGENCIA DE LA PISTA DE SEPARACIÓN TORREO (TORREO SEPARATION POND EMERGENCY CULMAY)**
- VIA PISTA COLAS 2 POR OTROS (COLAS DAM ROAD 2 BY OTHERS)**
- IMPASADO EL TORREO POR OTROS (EG. TORREO DAM BY OTHERS)**
- VIA FILTRACION POR OTROS (INFILTRATION ROAD BY OTHERS)**
- BOTADERO 1 - POR OTROS, VER RUTA 33 (EL DUMP - BY OTHERS, SEE ROUTE 33)**
- SALIDA DEL TUNEL POR OTROS (TUNNEL EXIT BY OTHERS)**
- ESTACION DE CLORURO - POR OTROS (BY OTHERS) (CHLORINE STATION)**
- SISTEMA RETENCIÓN DE AGUA POR OTROS (WATER RETENTION SYSTEM BY OTHERS)**
- VIA BOTADERO DE RELAMES POR OTROS (COLAS DAM ROAD BY OTHERS)**
- BOTADERO PISTA DE RELAMES (COLAS DAM DUMP - BY OTHERS)**
- CAÑA DE DRENAJE (DRAINAGE CHANNEL)**
- LÍMITE DE COBERTURA (COVERAGE LIMIT)**
- FIN DEL TUNEL POR OTROS (FIN DEL TUNEL BY OTHERS)**
- FIN DEL DEPÓSITO DE COLAS (END DEPOSIT)**
- LÍMITE PISTA DE COLAS, VER RUTA 33 (COLAS DAM LIMIT, SEE ROUTE 33)**
- EMPALME ENTRE CAMINO EXISTENTE Y CAMINO A CONSTRUIR (CONNECTION BETWEEN EXISTING ROAD AND TRAILWAYS ROAD)**
- VIA RECONSTRUCCIÓN DE CRISTALES POR OTROS (NEW ROAD TO RECONSTRUCT CRISTALES BY OTHERS)**

Fuente: Tierra Group, 2026

i. Área de embalse y presa de colas

En la etapa operativa, con base en los resultados de calidad de agua (Itasca, 2025), se prevé que no se requerirá el tratamiento del agua en los estanques. Esto deberá ser confirmado para la etapa de cierre en la siguiente etapa de ingeniería del proyecto.

La cubierta sobre el área del embalse de colas, la presa y el contrafuerte de arena, contarán con una capa de suelo orgánico, establecido en los planes de manejo ambiental del proyecto, considerando las propiedades inactivas en el embalse de colas (materiales no oxidantes) y de las desventajas que conllevarían al incremento de la infiltración, debido a la porosidad del material estéril; se propone, el uso de una capa orgánica para promover la revegetación y se considera innecesario al cierre, el uso de una cubierta granular con material estéril sobre el área de manejo de colas.

El sistema de drenaje en la presa de arena se mantendrá operativo durante el cierre y estará equipado con una estación de control aguas abajo, además se instalarán válvulas que permitirán abrir o cerrar los subdrenes cuando sea necesario. Los detalles y consideraciones para el cierre se definirán durante la fase de ingeniería de detalle de cierre del proyecto.

ii. Canales y obras de manejo de agua

Se estima que, al cierre, el embalse de colas acumule anualmente el exceso de agua proveniente de las zonas de recarga, de la escorrentía superficial y las salidas generadas por evaporación e infiltraciones, con base en los resultados del balance de agua desarrollado para la etapa de operación (Golder, 2013). Se espera al cierre resultados similares de acumulación de exceso de agua en el pozo de recolección de infiltraciones, como un balance de las entradas provenientes de las zonas de recarga, la escorrentía superficial, las infiltraciones del depósito de colas y presa de colas, que serán conducidas por los subdrenes teniendo en cuenta las salidas generadas por evaporación.

El manejo de aguas al cierre incluirá los siguientes elementos:

- El nivel del agua en el embalse de colas será elevado a 879.4 m.s.n.m. y se mantendrá en la zona central del embalse;
- Se excavarán canales recolectores de agua sobre la superficie revegetada de los depósitos, para conducir la escorrentía de manera segura a través del área revegetada hacia el vertedero de cierre; y
- La calidad del agua será monitoreada periódicamente, y en caso de detectarse problemas, se continuará el bombeo desde la estructura de recolección de infiltraciones hacia el embalse de cola. Cuando se confirme la calidad del agua es aceptable para ser descargada al cauce natural de la quebrada Palestina, el bombeo cesará y se verterá pasivamente hacia la quebrada Palestina a través de un canal revestido.

Conceptualmente, los canales recolectores ubicados sobre la superficie revegetada serán excavados y revestidos según resulte necesario para controlar la erosión y conducir la escorrentía hacia el vertedero de cierre. Como criterio preliminar, se evaluará un evento con periodo de retorno de 500 años. La sección, pendiente, borde libre, revestimiento y estabilidad frente a la erosión deberán confirmarse mediante modelación hidrológica e hidráulica en la siguiente etapa de ingeniería. El diseño deberá incluir rutas de excedencia seguras que eviten erosión regresiva, formación de cárcavas y descargas descontroladas sobre la presa. El vertedero de cierre y el borde libre del embalse serán evaluados de manera independiente de los canales superficiales. Su dimensionamiento deberá basarse en el evento de diseño asociado con la clasificación de consecuencias vigente del TSF y en el tránsito hidráulico del embalse para las condiciones de cierre y post-cierre.

En caso de que se presenten eventos más extremos que excedan esta capacidad y se produzca un rebose, será necesario realizar una inspección inmediata y, de ser requerido, ejecutar las actividades correctivas correspondientes.

Tras el cierre del área de manejo de colas, los canales serán inspeccionados periódicamente. El mantenimiento ocasional incluirá tareas como la limpieza de residuos en presas y sedimentadores, la remoción de sedimentos acumulados y la reparación de erosión localizada.

iii. Ciclones

Durante la etapa de cierre, se limpiarán y demolerán las estaciones de ciclonados para su recuperación en el caso que, si es posible o serán usados como chatarra y/o dispuestos fuera del sitio, en el lugar seleccionado para los escombros. En el caso de identificar materiales con residuos catalogados como peligrosos, se deberán transportar y disponer por una entidad con permiso para el manejo de residuos peligrosos.

iv. Bombas y tuberías

Se retirarán las bombas y tuberías del sitio para su recuperación en el caso que, si es posible, también podrán ser usadas como chatarra o dispuestas fuera del sitio en el lugar seleccionado para los escombros durante la etapa de cierre activo. Las tuberías subterráneas deberán ser selladas en sus extremos. El sistema de decantación de ladera será deshabilitado mediante el taponamiento y sellamiento en sus extremos.

En caso de que se identifiquen materiales con residuos catalogados como peligrosos, se deberán transportar y disponer por un gestor autorizado por la autoridad ambiental para el manejo de residuos peligrosos.

E. Sedimentadores

Los sedimentadores estarán conformados por un pequeño dique constituido por material residual y sapolito compactado de baja permeabilidad, con una geomembrana de HDPE (Polietileno de alta densidad) en ambas caras, para prevenir la erosión del material de relleno del dique debido a la fluctuación del nivel de agua dentro del sedimentador. La pendiente de las caras aguas arriba y aguas abajo de los diques será de 3H:1V.

Tal y cómo se manifestó en el plan de cierre inicial, los sedimentadores construidos en el proyecto no estarán en servicio finalizada la operación, no se demolerán y se espera su colmatación y revegetación por sucesión natural con el fin de generar los menores impactos posibles desde el punto de vista ambiental. El proceso de revegetalización y rehabilitación del área de los sedimentadores, será llevado a cabo, siguiendo los estándares definidos en el PMA_BIO_04_Programa de restauración, rehabilitación y recuperación de áreas intervenidas, posterior al proceso de sucesión natural que presenten estas áreas. los cuales por sus condiciones de estabilidad se consideran áreas restringidas. No obstante, esta condición podrá modificarse de acuerdo con la dinámica del proyecto y con las investigaciones que se efectúen para el ajuste de los usos potenciales y para el establecimiento de los usos finales. El detalle y el perfil de conformación de los sedimentadores, se puede evidenciar en el ANEXOS_PLAN_CIERRE_PlantaPerfil_Sedimentadores, donde se presentan los planos en Planta Perfil de la conformación de los sedimentadores.

F. Planta de beneficio mineral

La planta de beneficio será desmantelada y demolida, con excepción de las fundaciones de concreto, las cuales serán demolidas a nivel de terreno y servirán de relleno en el sitio.

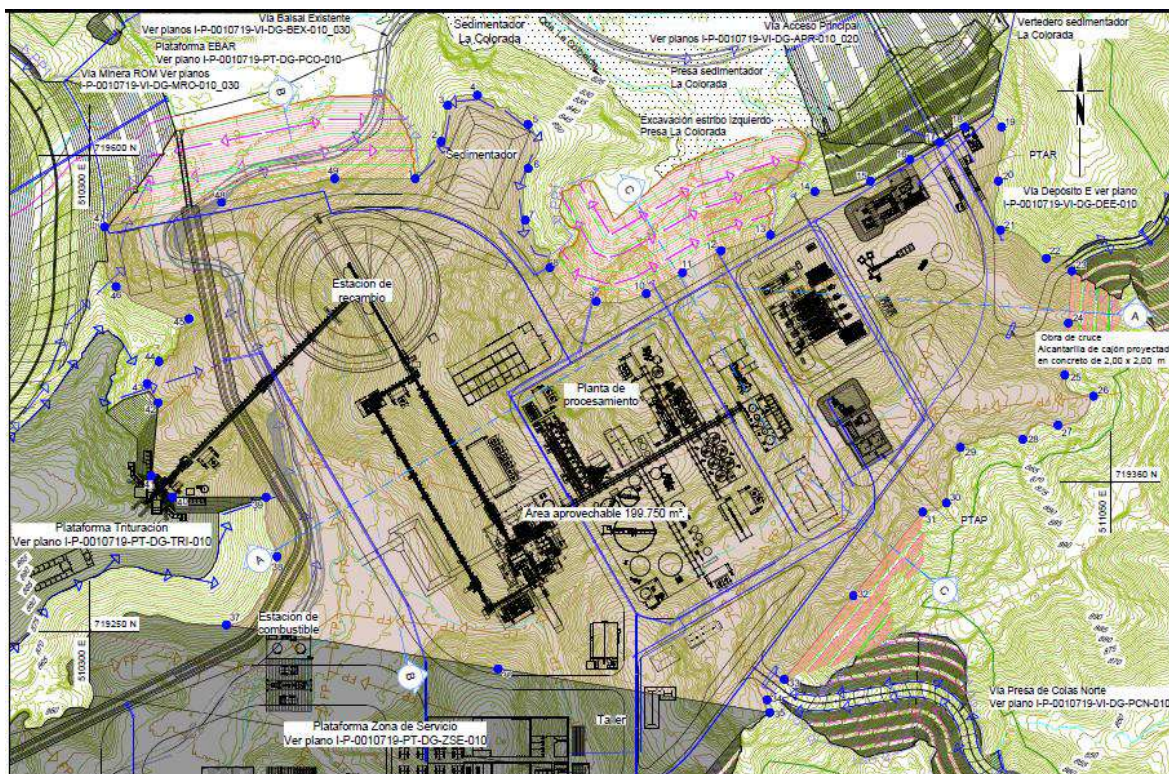


Figura 10.1.26 Configuración de la plataforma de Planta

Fuente: Gramalote, 2026

Para el desmonte de los equipos se adoptarán las siguientes medidas:

- Desenergizar equipos como trituradoras, molinos, ciclones, bandas transportadoras, bombas, zarandas, celdas de flotación, celdas de electrodeposición, espesadores, filtros y demás equipos para su posterior desarme y desmantelamiento.
- Limpieza, remoción y descontaminación de lubricantes, grasas y aceites tanto de las piezas de los equipos como del sitio donde estaban instalados. También se hace necesario neutralizar trazas de químicos y reactivos que fueron usados en el proceso del beneficio mineral.
- Desmantelamiento de estructuras metálicas asociadas con la instalación de los equipos, bandas transportadoras y tolvas de almacenamiento de mineral y concentrado.
- Desmantelamiento de tuberías y tanques.
- Relleno con material de desmonte en el área desmantelada.
- Retirar los materiales y repuestos: se retirará todos los elementos de desecho, para enviarlos a sitios de disposición segura y autorizada.
- Revegetalización del sitio.

El detalle y el perfil de conformación de la plataforma de la planta, se presenta en el plano I-P-0010719-PT-DG-PLA-010-R00 que se encuentra en el Anexos_PLAN_CIERRE_Plataformas.

G. Plataformas

Las diferentes plataformas que se adecuarán para el proyecto (Plataforma de servicios, plataforma de trituración, plataforma de campamentos y oficinas, plataforma la mayoría, plataforma la perla, plataforma PTAP y Plataforma PTAR.). Posterior al desmantelamiento de la infraestructura que se encuentre sobre estas, el terreno será conformado geomorfológicamente, se adecuaran obras hidráulicas para el manejo de aguas y se implemtnará el programa d revegetalización. Los mapas en planta y perfil de estas plataformas se presentan en el Anexos_PLAN_CIERRE_Plataformas. El detalle y el perfil de conformación de la plataforma de zona de servicios, plataforma de trituración y plataforma de campamento y oficinas, se presentan en la de la planta, se presenta en la Figura 10.1.27, la Figura 10.1.28 y la Figura 10.1.29

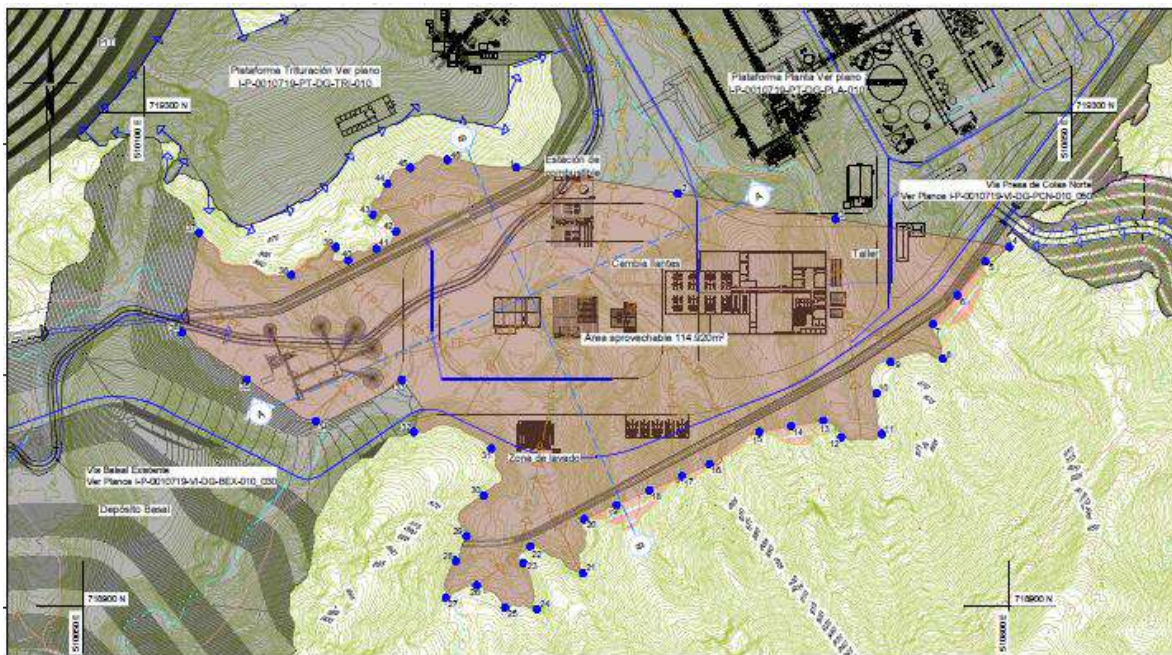


Figura 10.1.27 Configuración de la plataforma de zona de servicios

Fuente: Gramalote, 2026



Figura 10.1.28 Configuración de la plataforma de trituración

Fuente: Gramalote, 2026

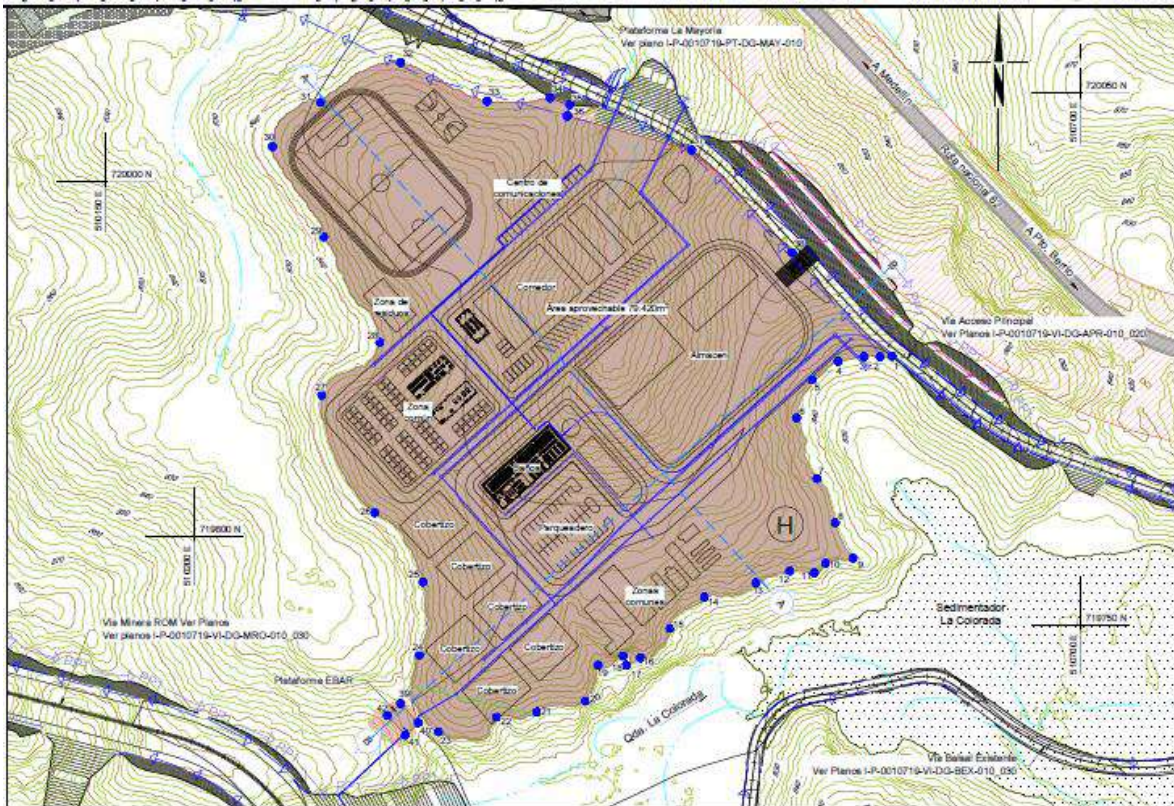


Figura 10.1.29 Configuración de la plataforma de campamentos y oficinas

Fuente: Gramalote, 2026

H. Instalaciones de suministro de combustible

En las instalaciones de suministro de combustible, se demolerá la estructura existente y se desmantelarán los tanques de almacenamiento, cisternas, bombas de suministro, línea de tubería de transferencia, y demás instalaciones. El suelo contaminado con combustible, aceite y/o grasa, será excavado y retirado para la posterior reconfiguración de la zona.

I. Realineación Quebradas Guacas (Obra no objeto de modificación)

La Quebrada Guacas se realineará hacia el río Nus, por medio de la construcción de la presa Guacas, un túnel en herradura y un canal a cielo abierto con sección trapezoidal simple o compuesto. El túnel tendrá las paredes rectas en su parte inferior y bóveda semicircular, estará ubicado entre las cotas 952 msnm y 892 msnm, la longitud será de 527,50 m y la pendiente será de 11,4%. El canal tendrá una longitud de 1.810,50 m, con un desnivel de 56 m entre la cota de piso a la salida del túnel y el de la descarga en el Río Nus. El área total para las infraestructuras de desviación de la Quebrada Guacas es de 9,6 ha. La estructura de realineación deberá permanecer hasta realizar el cierre del tajo Gramalote, momento en el cual se restablecerá el cauce de la Quebrada Guacas adaptándose a las condiciones geomorfológicas del terreno en ese momento y ocupando el sitio o cerca al sitio que se localizaba antes del inicio del Proyecto.

El canal de la realineación de la quebrada Guacas permanecerá después del cierre, hasta que se garantice el lleno del tajo Gramalote y se realice un monitoreo que garantice su operación y funcionamiento adecuado, así mismo, hasta tanto no se realicen las actividades de rescate y traslado de fauna ictica nuevamente hacia el cauce de la quebrada Guacas en dirección hacia el tajo, no se realizarán las actividades de cierre final del túnel de realineación. Posteriormente y luego de garantizar las condiciones anteriormente mencionadas, el túnel será taponado con hormigón en ambos extremos. Se demolerá la presa de la Quebrada Guacas y el canal de descarga. El túnel de realineación será taponado en sus extremos con hormigón.

J. Otras infraestructuras relacionadas con el proyecto

En infraestructuras como el polvorín, edificios para almacenamiento de reactivos, área de fundición y laboratorios, se realizará un inventario de materiales sobrantes, y luego se hará una limpieza y descontaminación de cualquier sustancia química o tóxica remanente.

Los equipos que sean recuperables como muebles, computadoras, impresoras y equipos de comunicaciones, serán almacenados para su reutilización o venta.

Los materiales sobrantes serán manipulados y desechados de acuerdo con los programas de Manejo de residuos sólidos, Manejo de combustible y sustancias químicas y Manejo de explosivos y voladuras.

Las estructuras de concreto serán demolidas en su totalidad, pero las fundaciones y cimientos serán dejados en su lugar o enterrados in-situ. Los escombros producidos pueden servir como relleno y los excedentes se depositarán en el fondo del tajo.

Las estructuras metálicas serán retiradas de la zona del proyecto para ser dispuestas apropiadamente.

10.1.4.6.1 Compromisos Socioeconómicos Adquiridos Con las Comunidades

Según como se defina en el transcurso del cierre del proyecto se realizará un balance de los compromisos que se tienen con la comunidad, ya sea en lo relacionado con la entrega de cualquier infraestructura para su uso, o con las expectativas que puedan generarse en esta etapa. Para esto se tendrán en cuenta los registros y evidencias de las reuniones realizadas con la comunidad en las cuales se haya tocado este tema y adicionalmente los registros de los PQR relacionados. Esta información quedará registrada en un formato específico para tener un control y un seguimiento que garantice el cumplimiento de los compromisos con la comunidad.

10.1.4.6.2 Actividades Específicas Para Cumplir con los Compromisos Ambientales

Las actividades que se desarrollarán en el cierre con el fin de cumplir los compromisos ambientales se exponen a continuación

A. Tajo

- Desmantelamiento: Registro a través de Inventario de los residuos generados (Peligrosos y no peligrosos) de maquinaria, equipos y materiales deshabilitados. Retiro de residuos industriales peligrosos y no peligrosos por parte de la empresa

contratada para este fin (Con su debida autorización sanitaria) de maquinarias, equipos y materiales por parte de la empresa contratista. Disposición final de residuos industriales no peligrosos que serán desviados a un relleno sanitario autorizado, eliminación de residuos peligrosos por parte de la empresa que cuente con su debida autorización sanitaria.

- Protección de estructuras remanentes.
- Cierre de accesos: Levantamiento de bermas, Instalación de letreros de advertencia.
- Estabilización de taludes.
- Señalizaciones.
- Cierre de almacenes de explosivos.
- Adecuaciones para usos posteriores.

B. Depósitos

- Construcción de diques interceptores y canales evacuadores de aguas lluvias.
- Estabilización de taludes.
- Compactación y definición de pendientes de superficie.
- Cubrimiento con suelo natural u otros.
- Delimitar y señalizar el terreno de localización e influencia de estos depósitos.
- Clausurar caminos de accesos a estas áreas.

C. Caminos

- Evaluar los caminos que se dejarán transitables ya sea para control de la etapa de cierre, para estudios posteriores o para público en general, y los caminos que deben ser cerrados.
- Levantamiento de bermas.
- Implementación de señalizaciones.

D. Instalaciones anexas

- Desenergizar instalaciones.
- Desmantelamiento de instalaciones, edificios, equipos y maquinarias: Registro a través de inventario de los residuos generados de maquinarias, equipos y materiales deshabilitados; Protección de estructuras remanentes; Retiro de residuos industriales peligrosos y no peligrosos por parte de la empresa contratada para este fin (Con su debida autorización sanitaria), de maquinarias, equipos y materiales por parte de la empresa contratista; Disposición final de residuos industriales no peligrosos que serán derivados a un relleno sanitario autorizado, eliminación de residuos peligrosos por parte de la empresa que cuente con su debida autorización sanitaria.
- Protección y adecuación de estructuras remanentes.
- Cierre de accesos.
- Implementación de señalizaciones.

E. Planta de proceso

- Desmantelamiento de las instalaciones, edificios, equipos y maquinarias, cuando fuese necesario implica desarmar estructuras, demolición y retiro de materiales,

cubrir fundaciones remanentes con estériles o materiales de empréstito. Específicamente, se trata de desmontar buzones de recepción de mineral, correas transportadoras, trituradoras primarias y secundarias, molinos de diferentes dimensiones, celdas de flotación, sistemas de suministro de agua, filtros, secadores, sistemas de conducción de relaves.

- Desenergizar instalaciones cortar suministro eléctrico, retiro de cables conductores, retiro de generadores, transformadores y otros equipos.
- Cierre de accesos bloquear el paso de vehículos y/o peatones, construcción de muros o pretilas cuando corresponda.
- Estabilización de taludes: dejar estables los taludes de las obras o nivelaciones que fue necesario hacer para la construcción y el cierre de la planta.
- Señalizaciones instalación de letreros o señales que indiquen lo que alguna vez operó en esa área y las indicaciones de peligro, si se requiere.
- Retiro de materiales y repuestos se retirará todos los elementos de desecho, para enviarlos a algún lugar de disposición segura y autorizada.
- Revegetación del sitio.

F. Área de manejo de colas (Obra no objeto de modificación)

Es necesario aclarar que se entrega una descripción de la fase de cierre en términos conceptuales (Como lo exige la normativa actual). Dicho plan se actualizará cada 5 años y 2 años antes del término de la vida útil del embalse de colas se presentará el Plan de cierre definitivo, para su posterior distribución a los organismos competentes para su evaluación ambiental y aprobación. Para la etapa de cierre del embalse de colas se realizarán las siguientes obras:

- Desmantelamiento de las Instalaciones: se retirarán y se almacenarán en la bodega de la Planta las tuberías superficiales correspondientes a los sistemas de impulsión de relaves y aguas recuperadas y las baterías de ciclones. Posteriormente, se definirá si éstas podrán ser reutilizadas, vendidas o dispuestas en relleno sanitario autorizado. Se retirarán las líneas de alimentación eléctrica, junto con los tableros de control y alumbrado de las instalaciones del depósito de colas,
- Vertedero de emergencias construirá un vertedero de emergencia que estará destinado a evacuar los excesos del embalse de sobrenadantes y las aguas lluvias que ingresen cuando éste ya no se encuentre en operación. La obra será capaz de evacuar toda la acumulación de estas aguas, de manera que no se vea comprometida la presa de arena. El caudal captado por el vertedero descargará al canal de desviación de la Palestina.
- Mantenimiento de canales perimetrales Se realizará el mantenimiento de los canales perimetrales durante el primer año de cierre, donde se extraerá el material sólido, cuando sea necesario, de acuerdo con inspecciones o eventos de lluvia. Las aguas que ingresen al embalse por eventos de lluvia serán descargadas, a través del vertedero de emergencia.
- Estabilización de Taludes: se verificará que los taludes de la presa de arenas cumplan con los análisis de estabilidad para la condición de cierre del depósito.
- Revegetación: se reforestará la playa de colas y arenas y la presa de arenas con especies nativas, para mitigar la erosión eólica.
- Cierre de Accesos: se cerrarán los accesos al embalse y sólo podrá ingresar personal autorizado por la empresa.

- Señalizaciones para la etapa de cierre: se reforzará la señalización que prohíbe el acceso de personas no autorizadas; además se pondrán señales de peligro en aquellas zonas vulnerables.
- Medidas de Reparación: se elaborará un Informe Final, con un compilado de toda la información técnica del depósito de colas al momento de su cierre, el que será enviado a las autoridades competentes, que detallará lo siguiente: Planos topográficos con registro de dimensiones, geometría final alcanzada, ubicación de pozos de monitoreo, vertedero de seguridad, caminos de acceso y ubicación de letreros de advertencia y otros; Volúmenes de material depositado en la presa y cubeta; Taludes finales aguas arriba y aguas debajo de la presa de arena; Grado de compactación de la presa; Estabilidad de las estructuras; Reparaciones relevantes realizadas al depósito, especialmente a la presa de arenas.

G. Acueducto

- Al tratarse de una obra bajo tierra se produciría mayor impacto extrayendo la tubería, por lo que no se procederá a su retiro.
- Como procedimiento de cierre solamente se procederá a desconectar la fuente de suministro de agua, manteniendo la vigilancia de esta infraestructura, dado la posible utilidad futura que pueda prestar a otros eventuales usuarios.
- Además de lo anterior, se considerará los siguientes aspectos: Dejar operativas algunas líneas eléctricas y servicios sanitarios básicos para que puedan ser usados por el personal a cargo del Plan de cierre, vigilancia y monitoreo; retirar escombros; disposición final y estable de residuos mineros que permanecerán en el sector; establecer un programa de monitoreo de las variables ambientales, una vez finalizadas las acciones y obras para el cierre.

En la Tabla 10.1.14 se lista el resumen de compromisos para cada área en la fase de cierre y abandono para el cual se desarrolla el presente plan.

Tabla 10.1.14 Resumen de los compromisos adquiridos

Área	Compromisos
Mina	<ul style="list-style-type: none"> • Desmantelamiento • Cierre de accesos • Estabilización de taludes • Señalizaciones • Cierre de almacenes de explosivos • Adecuaciones usos posteriores
Depósitos	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de diques interceptores y canales evacuadores de aguas lluvias • Estabilización de taludes • Compactación y definición de pendientes de superficie • Cubrimiento con suelo natural u otros • Delimitar y señalar el terreno de localización e influencia de los depósitos
Caminos e instalaciones anexas	<ul style="list-style-type: none"> • Clausurar caminos de acceso • Desenergizar instalaciones • Desmantelamiento de instalaciones, edificios, equipos y maquinarias • Protección y adecuación de estructuras remanentes

Área	Compromisos
Planta	<ul style="list-style-type: none"> • Desmantelamiento de instalaciones • Desenergizar instalaciones • Cierre de accesos • Estabilización de taludes • Señalizaciones • Retiro de materiales y repuestos • Retiro y disposición final de residuos industriales, domésticos y peligrosos • Retirar escombros • Disposición final y estable de residuos mineros • Dejar operativas algunas líneas eléctricas y servicios sanitarios básicos
Área de manejo de colas	<ul style="list-style-type: none"> • Desmantelamiento de las instalaciones • Vertedero de emergencia • Mantenión de canales perimetrales • Desconexión de la fuente de suministro de agua • Estabilización de taludes • Revegetación • Cierre de accesos • Medidas de repareación

Fuente: Gramalote Colombia, 2025

Programa de post-cierre:

- Programa de monitoreo de la calidad del agua
- Programa de monitoreo de estabilidad de taludes
- Programa de monitoreo de flora y fauna
- Aspectos socioeconómicos necesarios como resultado del cierre de la mina
- Objetivos ambientales y usos de la tierra
- Demolición y desmantelamiento final de instalaciones y equipos
- Actividades post-cierre
- Evaluación del cierre

10.1.4.6.3 Cronograma

En la Tabla 10.1.15 se presenta el cronograma general del proyecto minero, dentro del cual el cierre se encuentra incorporado como parte integral del plan global del proyecto, evidenciando que el cronograma del Plan de Cierre Minero está directamente vinculado al cronograma general.

Tabla 10.1.15 Cronograma general del Proyecto Gramalote

CRONOGRAMA MODIFICACIÓN LICENCIA AMBIENTAL 2026	Periodicidad Etapa Operación (Explotación+Beneficio)					Periodicidad Etapa de Cierre - Post-cierre							
	Explotación (Tajo) + Planta		Solo Planta (Remanaje)										
	OP Año 1	OP Año 10	OP Año 11	OP Año 12	OP Año 13	CA Año 1	CA Año 2	CA Año 3	CA Año 4	CA Año 5	CA Año 6	CA Año 7	CA Año 7.5
CIERRE Y POSTCIERRE													
Cierre obras etapa de Construcción													
Restauración zonas liberadas en la etapa de CM													
Cierre Progresivo													
Rehabilitación de áreas liberadas y taludes finales													
Cierre Final													
Tajo Gramalote													
Obtención túnel de desviación Guacas													
Llenado (con agua)													
Recuperación de áreas													
Recuperación de suelo													
Revegetalización de áreas intervenidas													
Postcierre													
Adecuación de componentes residuales													
Manejo de colas (post cierre)													
Desmantelamiento y demolición de infraestructura													
Reversión de áreas													

Fuente: Integral S.A., 2025

Derivado de la Tabla 10.1.15 se especifica el cronograma del Plan de Cierre con sus actividades en la Tabla 10.1.16.

Tabla 10.1.16 Cronograma del Plan de Cierre

Fase/Actividades	Año							
	1	2	3	4	5	6	7	7.5
Desmantelamiento de instalaciones, edificios, equipos y sistemas eléctricos								
Manejo y disposición de residuos (peligrosos y no peligrosos)								
Demolición de estructuras sin uso futuro (planta, talleres, polvorín, etc.)								
Reconformación definitiva y estabilización de taludes (tajo, depósitos, colas)								
Sellado del túnel de desviación de la quebrada Guacas								
Restitución del cauce de la quebrada Guacas								
Revegetación final (taludes, playas de colas, depósitos)								
Construcción de vertedero de emergencia para embalse de sobrenadantes								
Fase Poscierre	1	2	3	4	5	6	7	7.5
Monitoreo físico: estabilidad de taludes, erosión, drenajes								
Monitoreo químico: calidad del agua (pH, SST, metales, etc.)								
Monitoreo biótico: restauración, cobertura vegetal, fauna								
Mantenimiento de drenajes, sedimentadores y señalización								
Evaluación de desempeño del cierre y validación final								

Fuente: Integral S.A., 2025

10.1.4.7 Plan Post-Cierre

Durante la etapa de poscierre, el proyecto implementará un programa de monitoreo para cada una de las instalaciones mineras, cuya frecuencia dependerá principalmente de las condiciones de estabilización de cada instalación, o de si la instalación está siendo modificada de tal forma que no requiera este monitoreo a largo plazo. La verificación de la

estabilidad de la estructura se basará en observaciones visuales y mediciones de las condiciones físicas de las mismas y en una evaluación de los resultados del muestreo químico en los diferentes sitios (a ser llevado a cabo por personal calificado). Estas condiciones físicas y los resultados de monitoreo dictarán la necesidad o no de modificar la frecuencia de muestreo. Todo el programa de muestreo se implementará en cumplimiento de la legislación colombiana y de los estándares operativos de la Compañía.

El monitoreo programado para después del cierre definitivo será similar al monitoreo realizado durante la rehabilitación progresiva. El alcance del monitoreo poscierre definido se enfocará en aquellos aspectos que se relacionan con un potencial peligroso de contaminación continua, o que proporcionen datos acerca del éxito de los trabajos de rehabilitación.

10.1.4.7.1 Gestión del riesgo durante el cierre y poscierre

Las actividades previstas en el presente Plan de Cierre se articulan con los procesos de monitoreo, reducción del riesgo y manejo de la contingencia establecidos en el Plan de Gestión del Riesgo – PGR del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote. Esta articulación tiene como propósito asegurar que las condiciones de estabilidad física, estabilidad química y funcionamiento de las obras remanentes sean objeto de seguimiento durante las etapas de cierre y poscierre, y que los resultados obtenidos permitan adoptar oportunamente las medidas de reducción o las acciones de respuesta que correspondan.

Durante el cierre temporal, cierre final y poscierre se mantendrán las actividades de inspección, monitoreo y mantenimiento requeridas para verificar el comportamiento de los componentes que permanezcan en el territorio. En particular, el Plan de Cierre contempla el seguimiento de la estabilidad de taludes, deformaciones, agrietamientos, infiltraciones, erosión, condiciones de los sistemas de drenaje y canales, así como el monitoreo de la calidad del agua y de las condiciones de restauración de las áreas intervenidas.

A. Articulación con el monitoreo del riesgo

Las actividades de monitoreo previstas en el Plan de Cierre constituyen una fuente de información para el subproceso de monitoreo del riesgo establecido en el PGR. En consecuencia, los resultados de las inspecciones visuales, mediciones e instrumentación implementada durante el cierre y poscierre serán utilizados para evaluar la evolución de las condiciones que puedan afectar la estabilidad o funcionalidad de los componentes remanentes.

Para los depósitos de estériles, el PGR contempla durante las etapas de cierre y poscierre el monitoreo mediante piezómetros de cuerda vibrante, inclinómetros e inspecciones de campo. La instrumentación utilizada durante la operación podrá mantenerse durante el cierre y poscierre y, cuando sea necesario, los instrumentos que presenten daños, averías o pérdida de funcionalidad podrán ser sustituidos o complementados.

De manera complementaria, las inspecciones de campo permitirán identificar, entre otras condiciones, grietas y fisuras, escarpes, hundimientos, asentamientos, deformaciones, filtraciones, surgencias, zonas saturadas, erosión, socavación, obstrucciones, acumulación de sedimentos, deterioro de drenajes, cambios en la geometría de las estructuras, afectación de la cobertura vegetal y deformaciones estructurales. Los hallazgos deberán quedar registrados y sujetos a seguimiento hasta su cierre. Las inspecciones se intensificarán cuando se presenten lluvias intensas, sismos, reboses, cambios abruptos en

las lecturas de instrumentación u otros eventos que puedan modificar las condiciones de estabilidad o drenaje.

En este sentido, el monitoreo previsto en el Plan de Cierre no se limita a verificar el cumplimiento de las actividades de rehabilitación, sino que constituye un mecanismo para identificar oportunamente condiciones que puedan representar una modificación de los escenarios de riesgo considerados en el PGR.

B. Articulación con la reducción del riesgo

Los resultados del monitoreo y de las inspecciones serán utilizados para determinar la necesidad de implementar medidas preventivas, correctivas o de mantenimiento orientadas a conservar las condiciones de estabilidad y funcionalidad de las obras. En este marco, las actividades de cierre previstas en el Plan de Cierre constituyen medidas que contribuyen a la reducción del riesgo, entre ellas:

- reconfiguración y estabilización definitiva de los taludes del tajo, depósitos y área de manejo de colas;
- construcción y mantenimiento de diques interceptores, canales y obras de evacuación de aguas lluvias;
- control de erosión;
- mantenimiento de drenajes, canales, sedimentadores y vertederos;
- control de infiltraciones;
- revegetación y recuperación de coberturas;
- delimitación y señalización de áreas;
- cierre y control de accesos;
- mantenimiento de las obras hidráulicas remanentes.

Estas actividades se encuentran previstas en el cierre final y en las actividades de mantenimiento poscierre del Plan de Cierre. En particular, para los depósitos se contempla la construcción de diques interceptores y canales evacuadores de aguas lluvias, estabilización de taludes, definición de pendientes de superficie y delimitación y señalización de las áreas; para el área de manejo de colas se contempla el mantenimiento de canales perimetrales, estabilización de taludes, revegetación y cierre de accesos.

Durante el poscierre, estas medidas se complementarán con las actividades de mantenimiento previstas para el tajo, depósitos de estériles, área de manejo de colas, vías y sistemas de drenaje. Entre ellas se incluyen la inspección de taludes, bermas y accesos; inspección de sistemas de cobertura; mantenimiento de canales y drenajes; control de erosión; control de infiltraciones; mantenimiento de la cobertura vegetal; inspección de cunetas y bermas; y limpieza de canales, drenajes y vertederos.

De esta manera, cualquier condición identificada durante el monitoreo que evidencie deterioro de las condiciones de estabilidad o funcionalidad deberá ser evaluada técnicamente y, cuando corresponda, dar lugar a las acciones de mantenimiento, reparación, estabilización o control previstas en el Plan de Cierre y en las medidas de reducción del riesgo del PGR.

C. Articulación con el manejo de la contingencia

Cuando las actividades de monitoreo o las inspecciones evidencien una condición que pueda evolucionar hacia una situación de emergencia, la información obtenida deberá ser

evaluada conforme a los criterios de alerta establecidos en el PGR y se aplicarán las acciones correspondientes a la condición identificada.

Para los depósitos ZODME R y El Torito, el PGR establece que durante las etapas de operación y cierre se implementará instrumentación mediante piezómetros de cuerda vibrante e inclinómetros, además de inspecciones de campo, con frecuencias ajustadas según el nivel de alerta aplicable. Asimismo, establece que cuando la instrumentación o las inspecciones evidencien una condición de alerta roja, deberá activarse el plan de emergencia del proyecto con el fin de proteger la vida y el medio ambiente de los colaboradores y de las comunidades aledañas.

En consecuencia, la gestión del riesgo durante el cierre seguirá la siguiente secuencia:

Monitoreo e inspección → identificación de condición anómala → evaluación técnica → determinación del nivel de alerta → implementación de medidas de reducción o acciones preventivas → activación del manejo de la contingencia cuando corresponda → seguimiento de la condición hasta su control.

La declaración del nivel de alerta se realizará a partir de una evaluación integral de la información disponible y no exclusivamente de una lectura instrumental individual. Para ello se considerarán, según corresponda, el comportamiento y evolución de la instrumentación, las inspecciones de campo, la presencia de grietas, deformaciones, filtraciones, erosión u otras condiciones observadas, así como los eventos naturales que puedan modificar las condiciones de estabilidad. Este enfoque es consistente con los criterios establecidos en el PGR para la evaluación de las condiciones de alerta.

Cuando se active una condición de emergencia, la respuesta se desarrollará de acuerdo con el Plan de Manejo de Emergencias y Contingencias y los procedimientos establecidos en el PGR. La activación de la respuesta podrá implicar, según las características y evolución del evento, el incremento del monitoreo, restricciones de acceso, alistamiento de recursos, adopción de medidas de protección, evacuación y activación de los equipos y procedimientos de emergencia correspondientes.

D. Seguimiento y retroalimentación

Los resultados de las actividades de monitoreo, inspección, mantenimiento y atención de condiciones anómalas deberán documentarse y utilizarse para realizar seguimiento al desempeño de las medidas de cierre y a la evolución de las condiciones de riesgo.

Para cada condición que requiera una actuación deberá registrarse, según corresponda, la ubicación del hallazgo, condición observada, fecha de identificación, recomendación o medida adoptada, responsable de su ejecución y seguimiento hasta verificar el cierre del hallazgo. Este mecanismo permitirá mantener la trazabilidad de las condiciones identificadas y de las acciones implementadas.

Los resultados del seguimiento serán considerados en la evaluación del desempeño del cierre y en las actualizaciones del Plan de Cierre que resulten necesarias. En particular, el Plan de Cierre ya contempla como evento que puede activar una actualización la ocurrencia de emergencias, deslizamientos o fallas geotécnicas, utilizando como fuentes de información las inspecciones, sensores y reportes técnicos del evento.

De esta manera, el Plan de Cierre mantiene un ciclo continuo de monitoreo, evaluación, reducción y respuesta, articulado con el PGR, que permite ajustar las medidas de manejo en función del comportamiento observado durante el cierre y poscierre.

Tabla 10.17 Articulación de las actividades del Plan de Cierre con los procesos de gestión del riesgo

Etapas / componente	Actividad del Plan de Cierre	Proceso del PGR al que se articula	Articulación
Cierre temporal – tajo, depósitos, vías y sedimentadores	Inspecciones geotécnicas semestrales, verificaciones periódicas de taludes, monitoreo de sedimentadores y mantenimiento de canales.	Monitoreo del riesgo	Los resultados de las inspecciones y actividades de mantenimiento alimentan el seguimiento de las condiciones de estabilidad y drenaje establecido en el PGR.
Cierre temporal – áreas intervenidas	Obras temporales de control de escorrentía, limpieza y mantenimiento de canales y control de condiciones que puedan afectar la estabilidad.	Reducción del riesgo	Permiten controlar la escorrentía, erosión y condiciones que puedan contribuir al deterioro de taludes y superficies.
Cierre final – tajo	Reconformación y estabilización de taludes, llenado del tajo, cierre de accesos y señalización.	Reducción del riesgo	Contribuyen a establecer las condiciones físicas finales y controlar la exposición a zonas con restricciones de uso.
Cierre final – depósitos	Estabilización de taludes, construcción de diques y canales evacuadores, definición de pendientes, cobertura y señalización.	Reducción del riesgo	Se articulan con las medidas de control de estabilidad, escorrentía y erosión previstas en el PGR.
Cierre final – área de manejo de colas	Construcción de vertedero de emergencia, mantenimiento de canales, verificación de estabilidad, estabilización de taludes, revegetación y cierre de accesos.	Monitoreo y reducción del riesgo	Permiten mantener el funcionamiento hidráulico y las condiciones de estabilidad de las obras remanentes.
Cierre final y poscierre – componentes remanentes	Monitoreo de deformaciones, grietas, infiltraciones, erosión y condiciones de estabilidad.	Monitoreo del riesgo	Se articula con las inspecciones e instrumentación geotécnica previstas en el PGR para las etapas de cierre y poscierre.
Cierre final y poscierre – componente hídrico	Monitoreo de calidad del agua y mantenimiento de drenajes, canales y vertederos.	Monitoreo y reducción del riesgo	Permite identificar cambios en las condiciones hidráulicas y químicas y mantener la funcionalidad de las obras de manejo de aguas.
Poscierre – tajo	Inspección de accesos, taludes, bermas y	Monitoreo y reducción del riesgo	Permite verificar la estabilidad física y

Etapa / componente	Actividad del Plan de Cierre	Proceso del PGR al que se articula	Articulación
	señalización; seguimiento de inestabilidad y erosión.		mantener las condiciones de seguridad del componente.
Poscierre – depósitos	Inspección de taludes, cobertura, drenajes, canales y señalización; mantenimiento correctivo cuando corresponda.	Monitoreo y reducción del riesgo	Los hallazgos son evaluados para determinar la necesidad de medidas correctivas y seguimiento.
Poscierre – área de manejo de colas	Inspección de estabilidad, mantenimiento de bermas y taludes, control de erosión, limpieza de canales, control de infiltraciones y mantenimiento de cobertura vegetal.	Monitoreo y reducción del riesgo	Permite conservar las condiciones de estabilidad física e hidráulica del sistema remanente.
Poscierre – sistemas hidráulicos	Inspección y limpieza de canales, drenajes y vertederos; remoción de vegetación que obstruya el flujo.	Reducción del riesgo	Mantiene la capacidad de conducción y reduce condiciones que puedan generar erosión, desbordamientos u obstrucciones.
Cierre y poscierre – condición anómala	Inspección extraordinaria y seguimiento de condiciones identificadas durante el monitoreo.	Manejo de la contingencia	Cuando la condición alcance los criterios establecidos en el PGR, se aplicarán los mecanismos de alerta y respuesta correspondientes.
Depósitos ZODME R y El Torito	Instrumentación e inspecciones durante cierre.	Monitoreo → alerta → contingencia	Ante una condición de alerta roja evidenciada por instrumentación o inspecciones, se activa el plan de emergencia del proyecto, conforme al PGR.
Todas las áreas de cierre y poscierre	Registro de hallazgos, acciones correctivas y seguimiento.	Seguimiento y retroalimentación	La información permite verificar la eficacia de las medidas y actualizar el Plan de Cierre cuando las condiciones lo requieran.

Fuente: Integral S.A., 2026

10.1.4.7.2 Programa de Monitoreo Poscierre

En concordancia con las actividades de monitoreo y seguimiento descritas anteriormente, en la Tabla 10.1.18 se presenta el programa de monitoreo propuesto para las instalaciones objeto del Plan de Cierre.

Tabla 10.1.18 Programa de monitoreo de los componentes del proyecto

Aspecto	Componente	Programa de monitoreo	Elementos para monitorear	Tiempo estimado de implementación
Estabilidad física	Tajo de explotación. Depósitos de estériles. Área de manejo de colas. Vías.	Estabilidad de taludes Programa de pérdida de estabilidad del terreno	Monitoreo de deformaciones de cresta, abombamiento de los taludes o condiciones similares indicativas de movimientos en masa y posible falla. Monitoreo de agrietamiento de la superficie de la cresta y taludes. Monitoreo de infiltraciones inesperadas Monitoreo de condiciones de erosión (Formación de zanjas, cárcavas, cunetas, pérdida de cobertura vegetal, etc.) Monitoreo de intensa actividad biológica	Cierre final: 5 años Poscierre: 2.5 años
Estabilidad química	Área de manejo de colas Tajo de explotación (área inundada). Sedimentador área presa de colas	Calidad del agua. Programa de manejo del recurso hídrico	Lixiviación y concentración de metales. Drenaje ácido. Muestreo de aguas de escorrentía. Análisis de pH, temperatura, sólidos en suspensión, DQO y DBO, conductividad, oxígeno disuelto, nitrógeno total, fósforo total, sólidos totales, grasas y aceites, material flotante y aforo volumétrico de cada fuente	Monitoreo permanente durante el Cierre fina Poscierre: 2.5 años
Paisaje	Depósito de estériles. Sedimentador área presa de colas	Restauración, rehabilitación y recuperación del paisaje. Programa de seguimiento y monitoreo a la restauración, rehabilitación, y recuperación de las áreas intervenidas	Evolución de la cobertura vegetal. Sobrevivencia de individuos sembrados. Densidad de siembra. Nivel de erosión. Deslizamientos. Crecimiento de plántulas. Zonas donde falta riego. Drenajes	Cierre final: 5 años Poscierre: 2.5 años
Socio económico	Área de influencia del proyecto	Medidas relacionadas con el componente socioeconómico	Procesos de gestión y cualificación de la administración municipal para priorizar y administrar los recursos. Actividades productivas tradicionales y emergentes. Proyectos gestionados y ejecutados por las organizaciones sociales.	Cierre final: 5 años Poscierre: 2.5 años

Aspecto	Componente	Programa de monitoreo	Elementos para monitorear	Tiempo estimado de implementación
			Números y características de los conflictos sociales presentados por el proyecto. Número y características de las quejas presentadas por la comunidad.	

Fuente: Gramalote Colombia, 2025

10.1.4.7.3 Programa de monitoreo de la calidad de agua

Este será un programa para identificar procesos de deterioro de la calidad del agua superficial y subterránea y de alteración de la dinámica fluvial de los cuerpos de agua en el área de influencia del proyecto. En lo que respecta al agua de infiltración y de escorrentía proveniente del Depósito de estériles y el tajo de explotación, se estima que su calidad sea aceptable al largo plazo durante el cierre.

El programa de monitoreo definido para la etapa de operación se mantendrá por un año, al final, la evaluación de resultados permitirá definir los puntos de calidad de agua que no se encuentran estables y requieren ser nuevamente monitoreados por un requerimiento adicional para el plan de cierre.

10.1.4.7.4 Programa de monitoreo de estabilidad de taludes

El monitoreo de taludes incluirá la evaluación de la revegetación y la acumulación de la escorrentía superficial. Se revisará el estado y el funcionamiento de los drenajes, y en caso de ser necesario se repararán para evitar que la escorrentía se abra paso por las paredes de los taludes.

El seguimiento a los canales excavados por el agua de escorrentía se hará contando el número de canales de más de 5 cm de profundidad a lo largo del talud para calcular el número equivalente por cada 100 m de recorrido perpendicular a la línea de máxima pendiente o el número de canales/m². Este parámetro permitirá estimar si la erosión aumenta a largo plazo.

El principal control para tener en cuenta es la observación de la aparición de grietas, fisuras y movimientos en masa. De ser posible se medirá la profundidad de las grietas y en caso de presentarse grandes bloques con probabilidad de desplome, estos van a ser retirados para evitar algún accidente humano y la pérdida de la vegetación en la parte baja del talud.

Es importante realizar estos controles periódicamente durante los primeros años de cierre, especialmente después de períodos de lluvia. Si se observa la reaparición o incremento de los canales excavados por la escorrentía, se revisarán los sistemas de drenaje, sembrar y/o fertilizar zonas con escasa vegetación. Si los canales son de grandes dimensiones habrá que restituir el suelo perdido en estos puntos.

Los sitios de muestreos serán el área que no quede inundada del tajo Gramalote, depósito de estériles, depósito de material de baja ley.

10.1.4.7.5 Programa de monitoreo de flora y fauna

Dentro del programa de monitoreo de flora y fauna, se evaluarán recursos como la vegetación y el paisaje.

El monitoreo de la vegetación identificará las zonas que requieran manejo suplementario y/o enmiendas del suelo. Al mismo tiempo, inspeccionará las condiciones físicas del suelo al inicio y al final de la temporada de lluvias posterior al cierre (Por ejemplo, la evidencia de erosión y deslizamientos de tierra). En las zonas reforestadas se monitoreará la producción de plántulas y la evolución de la superficie plantada, haciendo un manejo de malezas donde se incluya estudios para identificar las especies invasoras y tratamientos físicos, mecánicos o químicos para eliminarlas (Véase el Programa de monitoreo y seguimiento del medio biótico).

En lo que respecta al paisaje, se monitorearán las zonas intervenidas y se hará un manejo integral del paisaje, es decir, el cambio que sufrió el paisaje circundante al mezclarlo con los componentes recuperados de la mina (Véase el Programa de monitoreo y seguimiento del medio biótico).

10.1.4.7.6 Aspectos Socioeconómicos necesarios como resultado del cierre de la mina

La planificación del cierre del proyecto Gramalote estará enfocada en reducir los impactos adversos de tipo socioeconómico y ambiental que genere el cierre de la mina.

Los asuntos clave de tipo socioeconómico son aquellos que pueden sufrir alguna modificación en las poblaciones locales al momento del cierre de la operación minera. Estos temas pueden ser considerados a partir de las políticas de responsabilidad social y las políticas de trabajo que adopte Gramalote Colombia durante el desarrollo del proyecto.

Algunos temas socioeconómicos para los cuales se establecerán lineamientos de mitigación en son:

- Desvinculación laboral.
- Uso del suelo poscierre.
- Percepciones y expectativas relacionadas con la preservación del medio ambiente.
- Atención de quejas y reclamos.
- Desarrollo local y comunitario.
- Terminación de los programas sociales de salud y educación.
- Disminución de regalías o ingresos a los municipios.

Se realizará seguimiento y monitoreo a los parámetros establecidos en el PMA_SOC_01__Programa de atención, información y participación comunitaria. Las variables para seguir son:

- Procesos de gestión y cualificación de la administración municipal para priorizar y administrar los recursos.
- Actividades productivas tradicionales y emergentes.
- Proyectos gestionados y ejecutados por las organizaciones sociales.
- Número y características de los conflictos sociales presentados por el proyecto.
- Número y características de las quejas presentadas por la comunidad y la gestión dada por el proyecto

En el Plan de manejo del medio social se muestran en detalle los programas que se implementarán en la etapa de cierre, y que contribuirán a mitigar los impactos sociales que puedan generarse en el área de influencia durante el cierre de la mina.

10.1.4.8 Áreas Contiguas

En concordancia con lo establecido en los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental y según el marco conceptual del Plan de Cierre aprobado mediante el Artículo Décimo Tercero de la Resolución 1514 de 2015 (Licencia Ambiental) se prevé que, durante los procesos de actualización del Plan de Cierre, Desmantelamiento, Recuperación, Restauración y Rehabilitación, se promueva la articulación y coordinación conjunta de los planes de cierre correspondientes a las áreas contiguas o vecinas y al título principal.

Dicha articulación tendrá como objetivo garantizar que las medidas de cierre minero se diseñen y ejecuten bajo criterios técnicos, ambientales y territoriales regionales, de manera coherente con el ordenamiento ambiental y territorial vigente, propiciando una destinación homogénea y compatible del uso del suelo posterior al cierre. Esto permitirá evitar fragmentaciones en la intervención ambiental, asegurar la continuidad ecológica y funcional del territorio, y optimizar los procesos de recuperación y rehabilitación de las áreas intervenidas.

Asimismo, la coordinación entre los titulares mineros facilitará la implementación de estrategias integradas de restauración ambiental, manejo de pasivos mineros, estabilidad física y geoquímica, y reincorporación del área a usos futuros compatibles con la vocación del territorio, contribuyendo al cierre minero en óptimas condiciones técnicas, ambientales y sociales, en beneficio de las comunidades y del entorno regional.

10.1.4.9 Participación Ciudadana

El Plan de Cierre Minero contemplará el desmantelamiento de las instalaciones provisionales y específicas asociadas a la actividad minera, así como la entrega progresiva del área ocupada, de conformidad con las condiciones ambientales y sociales del territorio. Estas actividades se desarrollarán con base en las directrices de uso del suelo establecidas en el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de San Roque, los lineamientos corporativos de GCL y la dinámica económica y social de la región y del país.

En concordancia con la normativa ambiental vigente, en la aprobación del Plan de Cierre Minero, así como en sus actualizaciones, ajustes y complementaciones, se tendrán en cuenta las instancias de participación ciudadana previstas en las normas ambientales aplicables, garantizando el acceso a la información, la socialización de las medidas propuestas y la recepción de observaciones por parte de las comunidades del área de influencia y demás actores interesados. Lo manifestado en dichos espacios de participación será considerado por la autoridad competente como insumo para la toma de decisiones relacionadas con el cierre del proyecto.

La participación ciudadana asociada al cierre se desarrollará de manera progresiva, fortaleciendo los procesos de diálogo y concertación a medida que el proyecto avance en

su ciclo de vida y se cuente con mayor definición sobre las áreas intervenidas y las instalaciones a dismantelar.

En la estructuración del componente socioeconómico del Plan de Cierre, y en la medida en que corresponda dentro de las respectivas actualizaciones, se promoverá la vinculación de las comunidades del área de influencia y otros actores relevantes, con el propósito de identificar de manera participativa las alternativas de uso futuro del área intervenida y de las instalaciones, orientadas al aprovechamiento sostenible del territorio y al mejoramiento de la calidad de vida de la población local.

Estos procesos de participación se articularán con lo establecido en el PMA_SOC_01 – Programa de Atención, Información y Participación Comunitaria, en el cual se definen las actividades, mecanismos e indicadores que permiten evaluar el desarrollo y cumplimiento de las acciones relacionadas con las medidas sociales del Plan de Manejo Ambiental y del Plan de Cierre Minero.

10.1.4.10 Consulta de las Normas Locales

En la elaboración del presente Plan de Cierre, así como de sus futuras actualizaciones, ajustes y complementaciones, se tuvieron y se tendrán en cuenta las disposiciones establecidas en el Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de San Roque donde se localiza el área de intervención directa del proyecto minero.

Dicho instrumento constituye el marco de referencia para la definición del uso final del suelo, así como para la destinación final de las áreas intervenidas, construcciones, instalaciones, montajes y equipos asociados al desarrollo del proyecto, una vez se alcance la etapa de cierre minero.

Considerando que el proyecto se encuentra actualmente en fase inicial, y que el trámite corresponde a una modificación de la licencia ambiental, el Plan de Cierre presentado tiene un carácter conceptual y preventivo, orientado a identificar criterios generales de cierre acordes con la normativa de ordenamiento territorial vigente, sin perjuicio de que estos sean ajustados en función de la evolución del proyecto, los resultados del seguimiento ambiental y las disposiciones que se encuentren vigentes al momento de la actualización final del Plan.

10.1.4.11 Actualización Final del Plan de Cierre

El Plan de Cierre minero será objeto de una actualización final previa al cese definitivo de las actividades de explotación, en la cual se incorporarán los ajustes necesarios derivados de:

- La configuración final del proyecto minero.
- Los impactos ambientales efectivamente generados.
- Los resultados del seguimiento y monitoreo ambiental.
- Las disposiciones vigentes de los instrumentos de ordenamiento territorial aplicables al área de influencia del proyecto.

Dicha actualización tendrá como objetivo asegurar que el uso final del área intervenida, así como la destinación de las construcciones, instalaciones, montajes y equipos, se encuentren plenamente articulados con lo establecido en el EOT del municipio de San Roque, y con las determinantes ambientales definidas por la autoridad competente.

La definición detallada de las medidas de cierre definitivo se realizará de manera progresiva y será consolidada en la actualización final del Plan de Cierre, la cual será presentada para conocimiento y aprobación de la autoridad ambiental, de conformidad con la normativa aplicable.

10.1.4.12 Actividades de Post-cierre

A medida que avancen el cierre y la rehabilitación de los componentes del proyecto se llevará a cabo un programa poscierre que comprende el mantenimiento, cuidado y monitoreo de las medidas de cierre ejecutadas. La Tabla 10.1.19 muestra las actividades que se desarrollaran en esta etapa, con el fin de realizar el mantenimiento de los componentes residuales del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote.

Tabla 10.1.19 Actividades de mantenimiento poscierre

Mantenimiento	Componente	Actividad	Método	Programa de seguimiento y monitoreo
Físico	Tajo de explotación	Inspección de accesos. Inspección de taludes. Inspección de bermas. de seguridad y señalización.	Inspección visual Inclinómetros	Programa de seguimiento y monitoreo de la inestabilidad y la erosión
	Depósito de estériles	Inspección de taludes. Inspección de sistemas de cobertura para la recuperación del suelo y vegetación. Inspección del estado del sistema de drenajes y canales. Inspección del estado de señalización.	Inspección visual Inclinómetros	
	Área de manejo de colas (presa de colas y dique de arena)	Inspecciones de estabilidad de taludes, Mantenimiento de bermas y taludes, Control de erosión en superficies expuestas, Limpieza y mantenimiento de canales perimetrales y drenajes, Monitoreo del embalse de sobrenadantes, Control de infiltraciones y sistema de drenaje interno, Mantenimiento de la cobertura vegetal, Resiembra en zonas donde falle la revegetación,	Inspección visual	
	Vías	Inspección de cunetas y bermas	Inspección visual	
Hidrológico	Sistema de drenajes y canales. Descarga de la quebrada Guacas del tajo Gramalote al río Nus (cota 840 msnm). Vertedero del embalse de	Inspección del estado de los revestimientos de los canales y vertederos. Inspección del estado de la erosión.	Inspección visual. Limpieza de canales, drenajes y vertederos. Remoción de cobertura vegetal que	Programa de seguimiento y monitoreo del recurso hídrico

Mantenimiento	Componente	Actividad	Método	Programa de seguimiento y monitoreo
	sobrenadantes (cota 932 msnm) Desviación Guacas		obstruya el paso del agua	
Biológico	Áreas revegetadas	Inspección del estado de la erosión. Inspección de la pérdida de cobertura vegetal. Inspección de sistemas de cobertura para la recuperación del suelo y vegetación. Inspección de zonas áridas	Inspección visual. Resiembra. Poda de la vegetación. Eliminación de especies vegetales invasoras. Fertilización, limpieza, replanteo, riego.	Programa de seguimiento y monitoreo a la restauración, rehabilitación y recuperación de áreas intervenidas.
Geoquímico	Áreas inundadas (Tajo gramalote, embalse de sobrenadante)	Inspección del nivel del agua. Monitoreo de la calidad del agua.	Piezómetros. Toma de muestra de aguas.	Programa de seguimiento y monitoreo del recurso hídrico
	Desviación Guacas	Monitoreo de la calidad del agua	Toma de muestras de agua	

Fuente: Gramalote Colombia, 2025

10.1.4.12.1 Monitoreo Social

El proceso de monitoreo social permitirá identificar, verificar y corregir cualquier aspecto con implicancia social de manera que se minimicen los impactos poscierre y pasivos de orden social. Para llevarlo a cabo se elaborarán listas de chequeo con base en los resultados y conclusiones del programa de consulta pública,

Algunas consideraciones en las actividades de poscierre incluyen las actividades de mantenimiento que serán actualizadas según los cambios que pudieran presentarse durante la vida útil de la mina, la preparación de un informe de ingeniería detallada de las obras desarrolladas y la evaluación de las metas y objetivos que se espera alcanzar con las medidas de cierre.

10.1.4.12.2 Evaluación del Cierre

Los criterios de desempeño permiten evaluar la efectividad de las actividades de cierre relacionadas con la recuperación y rehabilitación de tierras, con base en los resultados de los programas de monitoreo de las diferentes etapas del proyecto y en el cálculo de los indicadores enunciados al inicio del presente capítulo. Los criterios para la evaluación de desempeño del cierre de las instalaciones objeto de este estudio incluyen lo siguiente:

- Resultados de la calidad del agua superficial y subterránea, los cuales deben ser indicativos del cumplimiento de los límites máximos permisibles en vertimientos.
- Determinación exitosa de la revegetación por parte de personal calificado.
- Los taludes y terrenos rehabilitados no presenten condiciones de inestabilidad.

- Las actividades de cierre sean pasivas y no se requiera bombeo adicional.
- Cumplimiento satisfactorio con todos los compromisos acordados con la comunidad local.

Los resultados de los programas de monitoreo serán comparados con los criterios de evaluación de desempeño. Esta comparación se llevará a cabo anualmente después de que la etapa de cierre final haya concluido y hasta que el resultado final haya sido aprobado; y la licencia ambiental cese por terminación de la actividad.

BIBLIOGRAFÍA

Knight Piésold, K. P. (2013). *Análisis Integrado Río Loa Región de Antofagasta*. Santiago de Chile.