

CAPÍTULO 12

PROGRAMA DE CIERRE DE OPERACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL ÁREA Y COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

TABLA DE CONTENIDO

12 PROGRAMA DE CIERRE DE OPERACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL ÁREA Y COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN	12-1
12.1 INTRODUCCIÓN	12-1
12.2 OBJETIVOS	12-2
12.2.1 <i>Objetivo general</i>	12-2
12.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	12-2
12.3 ALCANCE	12-2
12.4 COMUNICACIÓN LOCAL DEL CIERRE DE OPERACIONES, ABANDONO Y RESTAURACIÓN.....	12-3
12.5 PLAN DE ABANDONO.....	12-3
12.5.1 <i>Cierre de operación y abandono técnico de pozo</i>	12-3
12.5.2 <i>Desmovilización del personal</i>	12-4
12.5.3 <i>Abandono de planchada de pozo y campamentos</i>	12-4
12.5.4 <i>Abandono de buzones</i>	12-5
12.5.5 <i>Abandono de camino de acceso</i>	12-6
12.5.6 <i>Manejo de residuos</i>	12-6
12.6 PLAN DE RESTAURACIÓN	12-7
12.6.1 <i>Restauración de suelo</i>	12-7
12.6.1.1 Plan de restauración ecológica de suelos.....	12-7
12.6.1.2 Acciones para restauración de suelos en área del proyecto	12-9
12.6.2 <i>Revegetación</i>	12-10
12.6.2.1 Plan de revegetación	12-10
12.6.2.2 Acciones para restauración de la vegetación en área del proyecto.....	12-15
12.6.3 <i>Restauración de cursos de agua</i>	12-16
12.6.4 <i>Otros elementos afectados</i>	12-18
12.7 MONITOREO.....	12-18
12.7.1 <i>Alcance del monitoreo</i>	12-19
12.7.2 <i>Frecuencia de monitoreo</i>	12-19
12.7.3 <i>Herramientas de monitoreo</i>	12-19
12.7.4 <i>Indicadores de desempeño</i>	12-20
12.8 PERSONAL DE EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO	12-21
12.9 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN.....	12-22
12.10 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	12-22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 12-1: Acciones de Restauración de suelos por instalación del proyecto	12-9
Tabla 12-2: Listado de especies para la revegetación inducida	12-12
Tabla 12-3: Acciones de Restauración para vegetación por instalación del proyecto	12-15
Tabla 12-4: Ubicación de obras de artes para la protección de recursos hídricos.	12-16
Tabla 12-5: Posiciones y responsabilidades para el Plan de Cierre y Abandono.	12-21
Tabla 12-6: Costos estimados abandono temporal y permanente	12-22
Tabla 12-7: Cronograma de ejecución para abandono temporal y permanente	12-23

12 Programa de Cierre de Operación y Restauración del Área y Costos de Implementación

12.1 Introducción

El plan de cierre de operaciones y restauración del área, es un instrumento de gestión ambiental de importancia para mitigar los riesgos ambientales a corto, mediano y largo plazo. Un abandono eficiente puede prevenir fugas de hidrocarburos o fluidos de formación y evitar la contaminación del suelo y agua. La restauración ambiental, busca rehabilitar los ecosistemas afectados a su estado inicial y/o restituir la tierra a su uso inicial.

El Programa de Cierre de Operación y Restauración del Área y Costos de Implementación, se elabora en respuesta a la necesidad de gestionar de manera responsable y sostenible el abandono y restauración ambiental de las áreas del proyecto de perforación del Pozo DMO-X3.

Esta etapa contempla dos alternativas para realizar el abandono y/o restauración: el temporal y el definitivo. La elección de la alternativa a aplicar se fundamenta en los resultados de la evaluación de reservas hidrocarburíferas.

De ser necesario, realizará la actualización del Plan de Abandono, Cierre y Rehabilitación según lo citado en el Artículo 12 del Decreto Supremo N° 3549, que señala a continuación:

- El Representante Legal (RL) de una AOP con Licencia Ambiental (LA) vigente, que pretenda realizar Abandono, Cierre y Rehabilitación de las áreas intervenidas en las etapas de ejecución, operación y que no cuenten con un Plan de Abandono, Cierre y Rehabilitación en su LA, deberá presentar ante la AAC, OSC y SERNAP cuanto corresponda, la solicitud de aprobación del Plan de Abandono, Cierre y Rehabilitación, según las características de la AOP, previa a su implementación.
- Para la implementación del Plan de Abandono, Cierre y Rehabilitación de un AOP con LA vigente, que resulten insuficientes sus medidas propuestas en la LA original de acuerdo a la evaluación de la AAC o el RL, deberán actualizar el Plan, previa a su implementación.

Este documento se ha elaborado en cumplimiento de lo dispuesto en el Reglamento de Prevención y Control Ambiental (RPCA), Título III, Capítulo IV, artículo 23°, inciso "m". Asimismo, es complementado con lo establecido en el Anexo B del Decreto Supremo N° 3549, el cual exige que todo Estudio de Impacto Ambiental incluya un Programa de Cierre de Operación y restauración del área y Costos de Implementación.

Asimismo, se dio cumplimiento a los requerimientos técnicos establecidos en los artículos 16, 37, 43 y 62 del Reglamento Ambiental del Sector Hidrocarburos (RASH), y en el Capítulo VII "Abandono de Pozos y Reservorios" del Decreto Supremo N° 5114.

12.2 Objetivos

12.2.1 Objetivo general

Definir los lineamientos generales para realizar el cierre y abandono de las áreas ocupadas de manera gradual, cuidadosa y planificada de las áreas intervenidas durante el desarrollo de las actividades del Proyecto; para posteriormente permitir aplicar las medidas de restauración necesarias (temporales y/o definitivas), y lograr que las áreas intervenidas sean regeneradas/revegetadas y lograr la recuperación del entorno a su estado inicial.

12.2.2 Objetivos específicos

- Describir las acciones para el abandono temporal y/o definitivo de las áreas del Proyecto, considerando alternativas de abandono que generen menor impacto al medio ambiente.
- Promover la revegetación inducida en sectores específicos donde se verifique la necesidad de protección al suelo.
- Controlar la erosión y deslizamientos, a través de la implementación de técnicas de control de erosión (disipadores de energía, gaviones, terrazas con tabla- estacas).
- Reconformar el área a un nivel que permita la protección ambiental en el corto, mediano y largo plazo y el uso seguro del lugar.

12.3 Alcance

El programa se aplicará a todas las áreas del proyecto, definiendo las acciones de abandono y restauración de las instalaciones, equipos y/o materiales, ya sea por abandono temporal o definitivo. Las instalaciones que se incluyen en el alcance son:

- Planchada de pozo y Fosa de quema
- Campamento de perforación, Campamento de obras civiles y obrador.
- Almacén y playa de tubulares.
- Planchada área de recortes.
- Polvorín.
- Buzones.
- Pozo de agua.
- Camino de acceso.

12.4 Comunicación local del cierre de operaciones, abandono y restauración

Para iniciar el cierre de operaciones se comunicará a las autoridades competentes las acciones y medidas específicas que se aplicarán según el plan de abandono y restauración para el área del proyecto.

Se comunicará el inicio de las actividades de abandono y restauración a los propietarios de los predios ocupados por el proyecto, así como a las comunidades del área de influencia que forman parte del proyecto.

12.5 Plan de abandono

En cumplimiento del Artículo 12 del Decreto Supremo N° 3549, antes de iniciar la ejecución del plan de abandono, se efectuará un análisis de las condiciones actuales del terreno. Esto permitirá, en caso de ser necesario, actualizar el Plan de Abandono, Cierre y Rehabilitación correspondiente a la etapa de abandono.

12.5.1 Cierre de operación y abandono técnico de pozo

Las áreas serán abandonadas y restauradas según el resultado de las pruebas de formación:

- En caso de pozo productivo y comercial, la restauración será parcial, dejando habilitada una superficie, considerándose la desmovilización de equipos, materiales y actividades de limpieza.
- En caso de pozo no productivo, se procederá el abandono, cierre y restauración de todas las instalaciones.

En caso de abandono definitivo, se cumplirá con las normativas vigentes: Reglamento de Normas Técnicas y de Seguridad para las Actividades de Exploración y/o Explotación de Hidrocarburos – RNTS, específicamente en el capítulo VII, aprobado mediante el Decreto Supremo 5114 del 31 de enero de 2024.

En caso de realizar un abandono temporal, se introducirá tapones mecánicos perforables o recuperables por encima de los niveles productores y se procederá únicamente a la desmovilización y limpieza de todas las instalaciones. El pozo será cerrado de forma temporal para posteriormente planificar un abandono definitivo del pozo, si corresponde.

Para el abandono seguro del pozo, se colocarán tapones de cemento por encima de los niveles productores y en la superficie, con el fin de garantizar un sellado eficaz y bloquear el ingreso de fluidos previniendo cualquier contaminación futura del suelo y agua.

Una vez realizado el abandono de las instalaciones del proyecto se procederá en la restauración de los caminos, así como de las planchadas y demás áreas ocupadas por el proyecto. En caso de que los propietarios de los predios o la comunidad requieran hacer uso de algún tipo de instalación, se deberá contar con la autorización del OSC y la AACN.

12.5.2 Desmovilización del personal

Para iniciar el proceso de cierre de operación y la posterior restauración del área, se realizará la desmovilización gradual del personal que haya participado en la fase de ejecución del proyecto. Esta desmovilización se realizará de manera planificada y coordinada, asegurando una transición eficiente hacia las actividades específicas de abandono y restauración. Se priorizará la salida del personal no esencial para estas últimas etapas, garantizando al mismo tiempo el cumplimiento de todas las obligaciones laborales y contractuales correspondientes.

Una vez completada la desmovilización inicial, permanecerá en el sitio únicamente el personal técnico especializado y estrictamente necesario para llevar a cabo las tareas de abandono y restauración del área del proyecto. Este equipo reducido estará compuesto por profesionales con experiencia en integridad de pozo, operaciones de cementación, manejo de equipos de abandono, evaluación y remediación de suelos y aguas, así como expertos en restauración ecológica y monitoreo ambiental. La optimización del personal en esta fase es fundamental para la eficiencia del proceso y la minimización de costos, sin comprometer la calidad y la seguridad de las operaciones de cierre y restauración.

La composición y el tamaño exacto del equipo restante se determinarán en función de las necesidades específicas de cada etapa del abandono. Se establecerán roles y responsabilidades claras para cada miembro del equipo, asegurando una coordinación efectiva y una supervisión rigurosa de todas las actividades. La permanencia de este personal especializado se extenderá durante el tiempo necesario para completar de manera exitosa el abandono seguro del pozo, la remediación de cualquier contaminación identificada y la implementación de las medidas de restauración ecológica planificadas, incluyendo el monitoreo inicial post-restauración.

12.5.3 Abandono de planchada de pozo y campamentos

El abandono definitivo aplicará a todas las áreas intervenidas por el Proyecto. Este tipo de abandono se realizará en dos escenarios posibles: al finalizar la vida útil de la AOP o en caso de que el pozo no pueda ser explotado de forma económicamente rentable. Se procederá de la siguiente manera:

- Desmontaje de todos los equipos e instalaciones y, traslado fuera del área.

- Demolición de las estructuras de concreto y disposición de los residuos generados de acuerdo a lo establecido en el programa de manejo de residuos (Anexo 4).
- El pozo será abandonado con tapones de cemento o con tapones mecánicos, aislando los distintos intervalos punzados o donde pudiera existir gas o fluidos.
- El antepozo deberá ser rellenado y nivelado.
- Señalización apropiada del pozo con placas de concreto u otro material, donde se indique: nombre del pozo, fecha de abandono, y coordenadas de ubicación.
- Limpieza y retiro de residuos sólidos de las planchadas.
- Los residuos deberán ser transportados a un centro de disposición final autorizado de acuerdo con el tipo y características de los residuos.
- Ante cualquier eventualidad de derrame de combustibles, lubricantes u otras sustancias, el suelo contaminado será inmediatamente retirado en bolsas plásticas resistentes para su posterior traslado y tratamiento adecuado.
- En caso de establecerse contaminación de suelos se debe localizar y eliminar la fuente. Posteriormente, se debe retirar el suelo contaminado para su tratamiento por biorremediación en algún centro autorizado y posteriormente se debe reemplazar por tierra nueva preparada.
- En caso de determinarse contaminación de aguas, se deberá localizar y eliminar la fuente de contaminación. Una vez evaluado el daño y el alcance, se deberá efectuar el tratamiento del agua, hasta recuperar los niveles de composición química similares a los valores originales.
- Escarificación de las planchadas y otras áreas compactadas para facilitar la restauración de las áreas afectadas.

12.5.4 Abandono de buzones

Es fundamental realizar una evaluación del suelo del área del buzón para identificar cualquier posible contaminación. Los suelos, arena, tierras contaminadas con hidrocarburos deberán disponerse en contenedores cerrados con su correspondiente rótulo de identificación y ser almacenados temporalmente en el área de acopio temporal de residuos sólidos. La disposición final para estos residuos será mediante la entrega a empresas legalmente autorizadas que cuenten con licencia ambiental y LASP vigente para su tratamiento y disposición final.

Se deberá nivelar la superficie, remover cualquier infraestructura temporal como bermas o revestimientos, y restituir la capa superior del suelo si fue alterada. Posteriormente, se debe

implementar un plan de restauración ecológica, priorizando la revegetación con especies nativas de la región, adaptadas a las condiciones locales.

Se realizará una estabilización del suelo desnudo ya puede aumentar la susceptibilidad a la erosión hídrica y eólica. Se deben implementar medidas preventivas como la construcción de bermas de contención, la cobertura temporal de los materiales con lonas o geotextiles, y la implementación de sistemas de drenaje para controlar el flujo de agua superficial y evitar el encharcamiento que podría saturar el suelo y facilitar la erosión.

12.5.5 Abandono de camino de acceso

Se realizará la consulta con los propietarios sobre su preferencia para dejar o retirar la plataforma del camino de acceso, dando cumplimiento del artículo 37, inciso g) del Reglamento Ambiental para el Sector Hidrocarburos (RASH): "Retirar todos los restos o escombros de los equipos e instalaciones generados por las operaciones. En caso de que la comunidad y/ propietarios privados requiera hacer uso de algún tipo de instalación, deberá solicitarlo expresamente a la responsable, para que ésta, de acuerdo a su criterio, obtenga la autorización del OSC y la AAC".

En caso de consolidarse la solicitud de parte de los propietarios se dejará en el área la plataforma del camino para el acceso local, se dejará el camino en buenas condiciones de transitabilidad al momento de la entrega.

En caso de detectarse contaminación de suelos se debe localizar y eliminar la fuente de contaminación, posteriormente se debe retirar el suelo contaminado y enviarlo a centros autorizados para el tratamiento respectivo. Finalmente, se deberá restituir el área afectada con suelos o tierras preparadas de características similares a las originales.

En caso de realizar el cierre y retiro del camino de acceso, se deberá realizar un escarificado manual y/o mecánico de todo el trazo del camino de acceso. En lo posible, no se dejará el suelo descubierto por largos periodos de tiempo, iniciando las actividades de revegetación tan pronto como sea posible.

12.5.6 Manejo de residuos

Finalizado los trabajos de desmantelamiento de equipos e infraestructura, se procederá con la limpieza del sitio previo a la restauración, para lo cual se establecen las siguientes medidas:

- Los residuos metálicos, plásticos y restos de madera deberán ser recolectados por separado de cualquier otro tipo de residuos y deberán ser almacenados de forma temporal en lugares de acopio que reúnan las condiciones técnicas necesarias para esta actividad. Posteriormente se realizarán las gestiones para entregar los mismos a una

empresa autorizada que se encargue de su reciclaje y/o deposición final adecuada, según el Programa de Manejo de Residuos Sólidos y Líquidos (Anexo 4).

- Toda herramienta que fuese utilizada durante el abandono de instalaciones deberá ser recogida y resguardada de forma adecuada para no tener pérdidas de material de trabajo y/o general pasivos ambientales.
- Finalmente, se velará para que la limpieza de la zona sea absoluta, procurando evitar de esta forma dejar algún tipo de contaminación ambiental.

Por otro lado, en la etapa abandono definitivo del Proyecto se analizará la necesidad de realizar tomas de muestras de agua y suelo y comparar con los resultados de laboratorio de la línea base para determinar la presencia de hidrocarburos y otro contaminante en el suelo y cuerpos de agua próximos. En caso de encontrarse manchas de hidrocarburos, se presentará una estrategia específica para proceder a la remediación de los sitios contaminados.

12.6 Plan de restauración

El RASH define "restauración" como "un sistema de actividades que tiene por objeto la descontaminación del suelo, agua superficial o subterránea de un sitio determinado".

La finalidad de la sección es el de describir los procesos de restauración que se llevarán a cabo en las áreas afectadas por el proyecto, en respuesta al deterioro de estos.

12.6.1 Restauración de suelo

Las medidas para la conservación de los suelos se aplican en función al entorno afectado, considerando la naturaleza del proceso erosivo, el tipo de cobertura vegetal, pendiente topográfica, características del suelo y condiciones propias del sitio.

En el siguiente apartado se detallan las medidas específicas para aplicarse según la necesidad del área que se requiere restaurar. Estas medidas han sido diseñadas considerando las características particulares de cada zona, como el tipo de suelo, la pendiente, la vegetación existente y el nivel de degradación.

12.6.1.1 Plan de restauración ecológica de suelos

- **Escarificado y descompactación**

En los sitios que se requiera una descompactación y/o escarificación de terreno, se efectuará a una profundidad de al menos 30 cm, de manera manual o con la utilización de subsoladoras, dependiendo de las características del terreno.

Se utilizarán subsoladores descompactadores con arados tipo cincales de vástagos curvos, configurados con un ángulo de ataque de 45 grados, para proporcionar una óptima fractura de suelo con una mínima tracción.

La velocidad de trabajo del subsolador debe ser relativamente baja (2 a 4 km/hr), ya que no es conveniente realizar la labor con una velocidad mayor, porque de esa forma se permite que afloren a la superficie capas de suelo improductivo.

Cuando el suelo esté muy compactado, especialmente en suelos arcillosos, se realizarán dos recorridos con el arado cincel, el primer recorrido a una profundidad superficial y el segundo recorrido en forma diagonal a la primera; teniendo de esta manera una mejor descompactación.

El proceso del subsolado genera la formación de terrones de diferente tamaño y consistencia, por ello, inmediatamente posterior al subsolado se debe efectuar el "mullimiento" del suelo, para deshacer los terrones resultantes y convertirlos en fragmentos más pequeños. Esta labor puede ser realizada con maquinaria tipo vibro-cultivador o manualmente con el uso de rastrillo.

- ***Incorporación de suelo vegetal y materia orgánica***

En áreas donde se añadió de ripio y/o material similar, para garantizar el retorno de la capa arable extraída durante la habilitación, se colocará una capa de tierra vegetal y materia orgánica (compost o turba) de por lo menos 10 cm de espesor, que será esparcida en toda la superficie de manera uniforme.

Para finalizar se realizará un nivelado y perfilado del suelo de manera manual para su distribución sobre el terreno. Posterior a esto se debe realizar la compactación moderada de la superficie de manera manual.

- ***Obras para el control de erosión***

Para el abandono parcial y/o definitivo en los sitios propensos a erosión se implementarán obras para el control de erosión. Se prevé la utilización de medidas de control de erosión en superficies inclinadas, para proteger áreas críticas, mediante la reducción de la velocidad del agua y su direccionamiento hacia algún cause y sitios estables cubiertos con vegetación. A continuación, se describen algunas técnicas que pueden emplearse para controlar la erosión que forman parte del Programa de Control de Erosión para el Proyecto (ver Anexo 4.8).

Tablaestacado: Son estructuras de contención, utilizadas para prevenir, mitigar o minimizar, la erosión del suelo en áreas vulnerables previniendo el deslizamiento de tierras. En taludes y terraplenes, los tablaestacados son utilizados como barreras de contención, para evitar el desprendimiento de tierras y la generación de cárcavas. Asimismo, puede ser utilizada como

barreras de contención de sedimentos arrastrados por escorrentía, evitando así la sedimentación en cursos de aguas.

Manta de Geoceldas: Son estructuras construidas de polímeros de alta densidad, que son utilizadas para la estabilización de suelos con pendiente pronunciada como medidas de control de erosión moderada. Su diseño permite el desarrollo de vegetación, como plantas y árboles, para prevenir deslizamientos y la pérdida del suelo por acción del agua y el viento.

Manta de Fibra de Coco: La manta de fibra de coco, es utilizada para la protección del suelo y la promoción del crecimiento de la vegetación en terrenos con pendiente ligera a moderada. Permite el control de la erosión del suelo, especialmente en pendientes pronunciadas y ayuda a la estabilización del suelo.

Malla antidesplome: Es una estructura flexible comúnmente fabricada con alambre galvanizado resistente a la corrosión, se empleará para la estabilización de taludes. Su diseño adaptable a la topografía permite prevenir eficazmente la erosión superficial al reducir el escurrimiento de agua y retener partículas del suelo. Esta malla también actúa como una barrera física, impidiendo el deslizamiento de suelos y materiales sueltos en terrenos inclinados.

Tierra Armada o Relleno Estructural: También conocida como Relleno Estructural Reforzado, representa una técnica de ingeniería geotécnica que permite la construcción de estructuras de contención de tierras de diversas geometrías y dimensiones, tales como muros de contención, taludes estabilizados y terraplenes de gran altura.

Protección de Taludes con Gaviones: Los muros de gaviones, son estructuras de contención, construidas con malla de alambre galvanizado en forma de jaula, para poder ser rellena con rocas de diferente tamaño y forma adecuados. La estructura es utilizada para estabilizar taludes en márgenes de ríos, en caminos y en áreas de diferentes pendientes.

12.6.1.2 Acciones para restauración de suelos en área del proyecto

En el siguiente apartado (Ver Tabla 12-1) se detalla de las acciones específicas de restauración de suelos para cada instalación que se encuentran en el Programa de Control de Erosión, las cuales pueden requerir, según el caso, la ejecución de obras mayores.

Tabla 12-1: Acciones de Restauración de suelos por instalación del proyecto

Instalación	Acciones para restauración suelos
Planchada de perforación	Manta de fibra de coco + siembra de gramíneas (<i>Paspalum spp.</i>) Tierra armada + siembra de gramíneas (<i>Paspalum spp.</i>) Muro de gaviones de pie de talud de relleno
Planchada Área de campamento	Malla de fibra de coco + siembra de gramíneas (<i>Paspalum spp.</i>) Tablaestacado + siembra de gramíneas (<i>Paspalum spp.</i>)

Instalación	Acciones para restauración suelos
Planchada Área de Recortes	Malla de fibra de coco + siembra de gramíneas (<i>Paspalum spp.</i>) Tablaestacado + siembra de gramíneas (<i>Paspalum spp.</i>)
Planchada Polvorín	Malla antidesplome Tablaestacado + siembra de gramíneas (<i>Paspalum spp.</i>)
Planchada Obrador	Malla de fibra de coco + siembra de gramíneas (<i>Paspalum spp.</i>) Tablaestacado + siembra de gramíneas (<i>Paspalum spp.</i>)
Almacén y Playa de Tubulares	Malla de fibra de coco + siembra de gramíneas (<i>Paspalum spp.</i>) Tablaestacado + siembra de gramíneas (<i>Paspalum spp.</i>)
Planchada Obras Civiles	Malla de fibra de coco + siembra de gramíneas (<i>Paspalum spp.</i>) Tablaestacado + siembra de gramíneas (<i>Paspalum spp.</i>) Malla antidesplome
Camino de acceso	Manta de fibra de coco + siembra de gramíneas (<i>Paspalum spp.</i>) Malla antidesplome Tablaestacado + siembra de gramíneas (<i>Paspalum spp.</i>) Tablaestacado + Geocelda Tablaestacado + Geocelda + gramíneas (<i>Paspalum spp.</i>)

Fuente: Programa de Control de Erosión, 2025

12.6.2 Revegetación

Para lograr una restauración efectiva de la vegetación, se implementarán dos estrategias complementarias. La revegetación pasiva aprovechará los procesos naturales de sucesión ecológica, permitiendo que la vegetación nativa se establezca espontáneamente a partir de la dispersión de semillas y plántulas desde áreas adyacentes. Por otro lado, la revegetación inducida consistirá en la introducción activa de especies vegetales nativas, seleccionadas específicamente para cada sitio, a través de la siembra directa y la plantación de plántulas. Esta combinación de técnicas permitirá acelerar el proceso de restauración y asegurar la recuperación de la diversidad biológica y la funcionalidad del ecosistema.

El proceso de plantación de especies vegetales se realizará siguiendo criterios técnicos, que implican desde la obtención del material vegetal, selección de especies, preparación del terreno y elaboración de plantación en el área a restaurar. Estas directrices se indican en el plan de revegetación para el área de estudio.

12.6.2.1 Plan de revegetación

- Técnicas de revegetación**

Para el proceso de revegetación se pueden implementar diversas técnicas para realizar la reposición de la cobertura vegetal, la elección se la realiza según previo análisis de las características de las áreas a revegetar. Entre las técnicas que se proponen en el presente plan de revegetación están:

- Inducir a la revegetación natural de especies nativas en las áreas donde tuvo presencia el proyecto, debido al pisoteo de la vegetación por donde transitara el personal. Esta actividad se realizará principalmente en áreas ya desmontadas y abiertas, como ser campos agrícolas o zonas de pastizales con el objeto de minimizar los impactos negativos que se producen con la apertura de áreas nuevas. Para la revegetación natural de las áreas afectadas, se coordinará con los propietarios para definir los criterios de regeneración natural en dichas áreas, y se generará un acta de conformidad con los propietarios.
- Plantación: Incorporación de plantines in situ de especies arbóreas producidas en viveros cercanos, las especies a implantar deben ser típicas de las formaciones boscosas contiguas al área del proyecto.
- Trasplante: Identificar en áreas contiguas plantines de especies vegetales arbóreas, arbustivas o herbáceas; y realizar el trasplante a las áreas a revegetar, procurando seleccionar especies raras o endémicas que no puedan ser reproducidas en viveros cercanos.
- Siembra de semillas: Recolectar semillas de árboles y/o arbustos locales y proceder a la siembra en suelo desnudo, conformando una bordura semillera en laderas; previa escarificación según su morfología así lo requiera.

- ***Características del material vegetal***

En las áreas que requieran, los plantines que provengan de viveros necesariamente deberán tener 70 cm de altura como mínimo, tallo lignífico en la base, no presentar daños mecánicos, sin daños por hongos y sin deformidades de su follaje.

En caso de las especies a trasplantar de sitios aledaños, se realizará un control de calidad considerando el estado de sanidad, buen estado radicular, el cuello y tallo sin alteraciones necróticas y tener un color típico de cada especie.

La determinación del momento oportuno para recolectar la semilla es uno de los pasos más importantes en el proceso de obtención de semilla. Para iniciar la recolección de semillas, será necesario investigar la fenología (floración, formación y maduración de la semilla) de las especies candidatas seleccionadas para la revegetación.

Durante el proceso de recolección de semilla de ser necesario se realizará una prueba de tetrazolio, con la finalidad de determinar la viabilidad de las semillas con potencial de germinación, para garantizar el éxito de la revegetación del área.

• Selección de especies

La selección de especies vegetales para la revegetación inducida se ha realizado de manera rigurosa, considerando las características edafoclimáticas particulares del sitio. Se han priorizado especies nativas con alta rusticidad y capacidad de adaptación a las condiciones locales, como la tolerancia a la sequía, la salinidad o la acidez del suelo. Además, se ha privilegiado la selección de especies de rápido crecimiento y con un sistema radicular profundo, que contribuyan a la estabilización del suelo y a la recuperación de la fertilidad a corto, mediano y largo plazo.

Además de su capacidad de adaptación al medio, se ha priorizado la selección de especies que aporten beneficios ecológicos al área. Se han considerado especies que sirven como fuente de alimento y refugio para la fauna silvestre, como aquellas que producen frutos carnosos, semillas o néctar. Asimismo, se han incluido especies que favorecen la fijación de nitrógeno atmosférico, mejorando la fertilidad del suelo y beneficiando a otras plantas. También se han seleccionado especies que contribuyen a la formación de corredores ecológicos a nivel regional, facilitando el movimiento de la fauna silvestre y conectando fragmentos de vegetación de diferente estructura y tipo de bosque.

A continuación (Ver Tabla 12-2), se presenta un listado de las especies propuestas, las cuales son representativas de las formaciones vegetales originales del área y han demostrado su potencial para la restauración ecológica en condiciones similares.

Tabla 12-2: Listado de especies para la revegetación inducida

Nombre común	Nombre científico	Razón de su elección
AlgarroBILLA	<i>Caesalpinia paraguariensis</i>	Por su facilidad para colonizar rápidamente derrumbes y forma parte de la vegetación saxícola de farallones.
Cedrillo	<i>Cedrela lilloi</i>	Árbol de interés maderable y que dando condiciones favorables puede prosperar.
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Árbol de interés maderable y que dando condiciones favorables puede prosperar.
Chari	<i>Parapiptadenia excelsa</i>	Por su fácil disponibilidad de semillas, su rusticidad y la abundancia de plantines de regeneración natural.
Cebil	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	Por su fácil disponibilidad de semillas, su rusticidad y la abundancia de plantines de regeneración natural.
Lapacho	<i>Handroanthus lapacho</i>	Árbol de interés maderable y que dando condiciones favorables puede prosperar.
Laurel blanco	<i>Ocotea porphyria</i>	Por su fácil disponibilidad de semillas, su rusticidad y la abundancia de plantines de regeneración natural.
Mandor	<i>Coccoloba tiliacea</i>	Por su fácil disponibilidad de semillas, su rusticidad y la abundancia de plantines de regeneración natural.
Nogal	<i>Juglans australis</i>	Por su fácil disponibilidad de semillas, su rusticidad y la abundancia de plantines de regeneración natural.
Quina blanca	<i>Lonchocarpus lilloi</i>	Árbol de interés maderable y que dando condiciones favorables puede prosperar.
Quina colorada	<i>Myroxylon peruiferum</i>	Árbol de interés maderable y que dando condiciones favorables puede prosperar.

Nombre común	Nombre científico	Razón de su elección
Quebracho colorado	<i>Schinopsis quebracho colorado</i>	Árbol de interés maderable y que dando condiciones favorables puede prosperar.
Sahuinto	<i>Myrcianthes callicoma</i>	Especies de porte arbóreo bajo y buen poder de regeneración.
Toborocho	<i>Ceiba insignis</i>	Por su fácil disponibilidad de semillas, su rusticidad y la abundancia de plantines de regeneración natural.

Fuente: Elaboración propia, en base a relevamiento de campo (2024)

• **Disposición de la plantación**

El trazado de la plantación se realizará según la topografía del terreno, con las líneas de plantación siguiendo las curvas de nivel; es decir, perpendicularmente a la pendiente. Esta disposición permite la plantación de un mayor número de ejemplares por unidad de área, además, ofrece la mayor oposición al barrido de los vientos (manteniendo el microclima) y evita la concentración del flujo de la escorrentía superficial.

La densidad de plantación para los plantines procedentes de viveros y plántulas trasplantadas de sitios cercanos, será de 5 m x 5 m en un sistema 3 bolillos. Para la siembra de semillas recolectas será de 30 cm x 30 cm.

• **Trasplante**

Se plantará una fila por vez, marcando el terreno, donde se realizará un hoyo de aproximadamente el doble del volumen que el pan de tierra o cepellón que contiene la planta, se colocará la planta algo por debajo del nivel del suelo, se comenzará a tapar el hoyo con la misma tierra que se extrajo, aproximadamente hasta la mitad, se colocará entre 8 y 9 g por hoyo de un hidrogel (polímero de alta capacidad de hidratación) combinado con una dosis de fertilizante base (NPK), luego se completará el relleno del pozo con tierra de superficie.

• **Alcorques**

El alcorque es un espacio de suelos destinado a la plantación, dependiendo del tamaño del plantín y especie. Una vez realizada la plantación, se debe formar el alcorque alrededor de cada uno de los hoyos, con el propósito de recoger el agua de lluvia o para facilitar el riego en caso de ser necesario. El área de los alcorques será del orden de 1 m² para las especies arbóreas, mientras que para los arbustos deberá ser del orden de 0,50 m².

- **Protector y tutor**

Finalmente, se colocará en cada plantín un protector con estacas de madera y rejilla metálica y un tutor de madera para ayudar al crecimiento del plantín que también servirá para la identificación y ubicación durante el monitoreo.

- **Riego**

Después de la plantación, se realiza un riego inicial para saturar el suelo. Antes del riego se aplicará una dosis de hidrogel que tiene la capacidad de absorber y retener grandes cantidades de agua y liberarla gradualmente a las raíces de las plantas a medida que el suelo se seca.

- **Época de revegetación**

La época recomendada para la plantación es al inicio de la primera temporada de lluvia (de noviembre a diciembre) y la reposición de plantines se planea al inicio de la segunda temporada de lluvias del año, es decir, la primera semana de mayo.

De igual forma, la época de siembra será inmediatamente antes del periodo de mayores precipitaciones, para evitar escurrimiento, sedimentación y arrastre de semillas debido a la intensidad de las precipitaciones recibidas sobre la superficie del suelo, por lo cual se recomienda la siembra el mes de noviembre.

- **Labores culturales o seguimiento**

Se deberá realizar el seguimiento del desarrollo de las áreas revegetadas, con la finalidad de garantizar es establecimiento favorable de la cobertura vegetal en el área revegetada, a continuación, se considera ciertas labores para el seguimiento:

- Refallo: En las semanas siguientes de realizada la revegetación del área, es necesario detectar las plantas que no han prendido, para reemplazarlas lo antes posible y dar continuidad al proceso de reconfiguración de la cobertura vegetal.
- Protección: Se debe realizar un control a las áreas revegetadas de ataques tanto de plagas, herbívoros e insectos (hormigas cortadoras) para realizar el tratamiento correspondiente con alguna medida correctiva. Por otra parte, en las áreas donde circula el ganado vacuno cerca del sitio de plantación, de ser necesario, se deberá establecer cercas para evitar que los animales puedan causar daño mecánico o por ramoneo.
- Riego: Si bien se recomienda la plantación y siembra de las especies a principios de la época de lluvias, para garantizar la supervivencia de las plantas y evitar sequías, se

recomienda realizar el monitoreo para detectar la necesidad de riego que presenten las especies implantadas.

- Deshierbe: El deshierbe consiste en retirar plantas no deseadas, conocidas como mala hierba, estas plantas son retiradas porque pueden ocasionar desventajas en el crecimiento de los plantines, porque compiten por nutrientes, sol y agua y a menudo atraen plagas y enfermedades.

- **Manejo de áreas revegetadas**

El manejo apropiado de las áreas revegetadas es fundamental debido a su importancia para la sostenibilidad en el largo plazo. Las tareas de revegetación deberán estar concatenadas con las medidas de control de erosión y sedimentos, las mismas que estarán enfocadas a reducir la pérdida de suelos orgánicos en zonas rehabilitadas.

Por otro lado, se evitará el ingreso del ganado en las áreas rehabilitadas después de la siembra y plantación. Esta medida será aplicada mayormente a laderas con pendiente alta; de ser necesario, se contempla cercar estas áreas temporalmente.

Las actividades de monitoreo permitirán registrar especies no deseadas de maleza, que podrían resultar perjudiciales para el establecimiento de especies nativas principalmente. En el caso de registrar especies de maleza, estas se retirarán en forma manual a fin de evitar su propagación.

Se debe realizar una gestión de perturbaciones para identificar y mitigar los factores que podrían afectar negativamente a la vegetación restaurada, como incendios, plagas, enfermedades y actividades humanas.

12.6.2.2 Acciones para restauración de la vegetación en área del proyecto

En el siguiente apartado se presenta un detalle de las acciones específicas de restauración para vegetación en cada instalación, las cuales pueden requerir, según el caso, la ejecución de obras de mayor extensión (Ver Tabla 12-3).

Tabla 12-3: Acciones de Restauración para vegetación por instalación del proyecto

Instalación	Acciones para restauración vegetación
Planchada de perforación	Regeneración natural en taludes y zonas elevadas. Trasplantes de especies herbáceas nativas de porte bajo (<i>Gorgonidium cf. Mirabile</i> , <i>Asclepias curassavica</i> , <i>Ripsalis micrantha</i> , <i>Acacia aroma</i> , <i>Senegrallia cf. Tucumanensis</i> y <i>Rubus imperialis</i>). Dispersión de semillas de especies nativas aledañas (Según Tabla 12-2). Plantación de árboles de especies nativas típicas de la vegetación local (Según Tabla 12-2).
Fosa de quema	Regeneración natural en taludes y zonas elevadas. Trasplantes de especies herbáceas nativas de porte bajo (<i>Gorgonidium cf. Mirabile</i> , <i>Asclepias curassavica</i> , <i>Ripsalis micrantha</i> , <i>Acacia aroma</i> , <i>Senegrallia cf. Tucumanensis</i> y <i>Rubus imperialis</i>). Dispersión de semillas de especies nativas aledañas (Según Tabla 12-2).

Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental - Analítico Específico
Proyecto "Perforación Exploratoria Pozo DMO-X3, Bloque Exploratorio San Telmo Norte"

Instalación	Acciones para restauración vegetación
Planchada Área de campamento	Regeneración natural en taludes y zonas elevadas. Trasplantes de especies herbáceas nativas de porte bajo (<i>Gorgonidium cf. Mirabile</i> , <i>Asclepias curassavica</i> , <i>Ripsalis micrantha</i> , <i>Acacia aroma</i> , <i>Senegrallia cf. Tucumanensis</i> y <i>Rubus imperialis</i>). Plantación de árboles de especies nativas típicas de la vegetación local (Según Tabla 12-2).
Planchada Área de Recortes	Regeneración natural en taludes y zonas elevadas. Trasplantes de especies herbáceas nativas de porte bajo (<i>Gorgonidium cf. Mirabile</i> , <i>Asclepias curassavica</i> , <i>Ripsalis micrantha</i> , <i>Acacia aroma</i> , <i>Senegrallia cf. Tucumanensis</i> y <i>Rubus imperialis</i>). Plantación de árboles de especies nativas típicas de la vegetación local (Según Tabla 12-2).
Planchada Polvorín	Regeneración natural en taludes y zonas elevadas. Trasplantes de especies herbáceas nativas de porte bajo (<i>Gorgonidium cf. Mirabile</i> , <i>Asclepias curassavica</i> , <i>Ripsalis micrantha</i> , <i>Acacia aroma</i> , <i>Senegrallia cf. Tucumanensis</i> y <i>Rubus imperialis</i>). Plantación de árboles de especies nativas típicas de la vegetación local (Según Tabla 12-2).
Planchada Obrador	Regeneración natural en taludes y zonas elevadas. Trasplantes de especies herbáceas nativas de porte bajo (<i>Gorgonidium cf. Mirabile</i> , <i>Asclepias curassavica</i> , <i>Ripsalis micrantha</i> , <i>Acacia aroma</i> , <i>Senegrallia cf. Tucumanensis</i> y <i>Rubus imperialis</i>). Plantación de árboles de especies nativas típicas de la vegetación local (Según Tabla 12-2).
Almacén y Playa de Tubulares	Regeneración natural en taludes y zonas elevadas. Trasplantes de especies herbáceas nativas de porte bajo (<i>Gorgonidium cf. Mirabile</i> , <i>Asclepias curassavica</i> , <i>Ripsalis micrantha</i> , <i>Acacia aroma</i> , <i>Senegrallia cf. Tucumanensis</i> y <i>Rubus imperialis</i>). Plantación de árboles de especies nativas típicas de la vegetación local (Según Tabla 12-2).
Planchada Obras Civiles	Regeneración natural en taludes y zonas elevadas. Trasplantes de especies herbáceas nativas de porte bajo (<i>Gorgonidium cf. Mirabile</i> , <i>Asclepias curassavica</i> , <i>Ripsalis micrantha</i> , <i>Acacia aroma</i> , <i>Senegrallia cf. Tucumanensis</i> y <i>Rubus imperialis</i>). Plantación de árboles de especies nativas típicas de la vegetación local (Según Tabla 12-2).
Buzones	Regeneración natural en taludes y zonas elevadas. Trasplantes de especies herbáceas nativas de porte bajo (<i>Gorgonidium cf. Mirabile</i> , <i>Asclepias curassavica</i> , <i>Ripsalis micrantha</i> , <i>Acacia aroma</i> , <i>Senegrallia cf. Tucumanensis</i> y <i>Rubus imperialis</i>). Dispersión de semillas de especies nativas aledañas (Según Tabla 12-2). Plantación de árboles de especies nativas típicas de la vegetación local (Según Tabla 12-2).
Camino de acceso	Regeneración natural en taludes y zonas elevadas. Trasplantes de especies herbáceas nativas de porte bajo (<i>Gorgonidium cf. Mirabile</i> , <i>Asclepias curassavica</i> , <i>Ripsalis micrantha</i> , <i>Acacia aroma</i> , <i>Senegrallia cf. Tucumanensis</i> y <i>Rubus imperialis</i>). Dispersión de semillas de especies nativas aledañas (Según Tabla 12-2). Plantación de árboles de especies nativas típicas de la vegetación local (Según Tabla 12-2).

Fuente: Elaboración propia, EYE 2025

12.6.3 Restauración de cursos de agua

El proyecto se desarrollará con el criterio de prevenir impactos sobre los drenajes naturales temporales en su área de influencia. Para ello, previamente al desarrollo, se localizaron cuerpos de agua superficiales y se planifica la construcción de diversas obras de arte, detalladas en el Programa de Protección de Recursos Hídricos (Anexo 4.10).

A continuación (Ver Tabla 12-4), se describen la ubicación de las obras de arte que se realizarán en diferentes sectores del proyecto:

Tabla 12-4: Ubicación de obras de artes para la protección de recursos hídricos.

N	Cruce Especial	Coordenadas (UTM, WGS-84, Zona 20 S)		KP	Obra de arte
		X	Y		
1	Rio Soledad	387351,06	7592926,12	0+125	Enrocado de roca pesada
2	Rio Oso	387270,69	7592856,14	0+236	Estructura Mixta

Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental - Analítico Específico
 Proyecto "Perforación Exploratoria Pozo DMO-X3, Bloque Exploratorio San Telmo Norte"

3	Afluente río Oso (escorrentía temporal)	386735,12	7592990,81	0+495	Badén
4	Afluente río Oso (escorrentía temporal)	386948,92	7592909,42	0+598	Badén
5	Afluente río Oso (escorrentía temporal)	386735,12	7592990,81	0+845	Alcantarilla Doble
6	Afluente río Oso (escorrentía temporal)	386559,70	7593070,76	1+052	Badén
7	Afluente río Oso (escorrentía temporal)	386454,03	7593192,59	1+222	Alcantarilla Simple
8	Afluente río Oso (escorrentía temporal)	386422,10	7593297,21	1+360	Alcantarilla Simple
9	Afluente río Oso (escorrentía temporal)	386358,04	7593402,31	1+485	Alcantarilla Doble
10	Río Oso	386174,21	7593519,14	1+745	Estructura Mixta
11	Río Oso	386098,57	7593577,28	1+864	Estructura Mixta
12	Río Oso	385995,69	7593669,35	2+014	Estructura Mixta
13	Río Oso	385861,08	7593718,76	2+157	Estructura Mixta
14	Afluente río Oso (escorrentía temporal)	385531,95	7593601,68	2+562	Badén
15	Afluente río Oso (escorrentía temporal)	385488,99	7593592,91	2+604	Alcantarilla Simple
16	Afluente río Oso (escorrentía temporal)	385417,63	7593614,83	2+680	Badén
17	Afluente Quebrada los Cedros (escorrentía temporal)	385218,45	7593689,79	2+896	Alcantarilla Doble
18	Afluente Quebrada los Cedros (escorrentía temporal)	384981,30	7593659,18	3+145	Alcantarilla Doble
19	Quebrada los Cedros	384785,85	7593679,64	3+345	Alcantarilla Doble
20	Afluente río Oso (escorrentía temporal)	384698,79	7593870,15	3+900	Alcantarilla Simple
21	Afluente río Oso (escorrentía temporal)	384682,11	7593914,18	3+950	Badén
22	Afluente río Oso (escorrentía temporal)	384734,94	7594119,77	4+250	Badén
23	Afluente río Oso (escorrentía temporal)	384345,47	7594213,39	4+715	Badén
24	Afluente río Oso (escorrentía temporal)	383812,43	7594375,82	5+310	Badén
25	Afluente río Oso (escorrentía temporal)	383303,68	7594120,41	6+160	Badén
26	Afluente río Oso (escorrentía temporal)	383324,64	7593914,21	6+380	Badén
26	Afluente río Oso (escorrentía temporal)	383360,59	7593662,52	6+640	Badén
28	Afluente río Oso (escorrentía temporal)	383315,06	7593328,24	6+985	Badén
29	Afluente Qda. Cortaderal (escorrentía temporal)	383097,90	7593280,46	7+242	Alcantarilla Simple
30	Afluente Qda. Cortaderal (escorrentía temporal)	383084,58	7593313,76	7+280	Badén

Fuente: Elaboración propia con base a los datos proporcionados por Petrobras Bolivia S.A., 2025

Una vez que el proyecto alcance su vida útil, las obras de arte construidas para los cursos de agua y drenajes naturales serán preservadas en buen estado. Esto garantizará un flujo natural al sistema hídrico del área.

En caso de detectarse cualquier indicio de contaminación en los cursos de agua dentro del área de influencia del proyecto, se implementará de manera inmediata un protocolo de muestreo exhaustivo. Este proceso comprenderá la recolección de muestras representativas en diversos puntos estratégicos del cuerpo de agua afectado, incluyendo aguas arriba y aguas abajo del punto potencial de contaminación. Una vez cuantificado y caracterizado el contaminante, se elaborará e implementará un plan de descontaminación específico y adaptado a la naturaleza de la contaminación identificada, el cual podrá incluir la aplicación de técnicas de biorremediación, la utilización de barreras de contención, la extracción y tratamiento del agua contaminada, o la implementación de otras metodologías especializadas, siempre priorizando soluciones sostenibles y con el menor impacto ambiental secundario.

La revegetación de las orillas de los cursos de agua constituye una medida prioritaria en aquellas áreas donde se identifique suelo desnudo o con cobertura vegetal deficiente. Se priorizarán especies nativas que proporcionen cobertura densa y sistemas radiculares extensos para una mayor eficacia en la protección del suelo y la calidad del agua, contribuyendo así a la resiliencia del ecosistema acuático.

En las zonas del proyecto que presenten suelos inestables o con una pendiente pronunciada, se implementarán medidas de contención de taludes diseñadas para prevenir deslizamientos y la consecuente sedimentación en los cursos de agua cercanos. Las técnicas de contención podrán incluir la construcción de muros de contención (ver Programa de Control de Erosión y Programa de Protección de Recursos Hídricos, Anexo 4), la implementación de sistemas de terrazas o la instalación de geomallas o geotextiles para la estabilización del suelo. El diseño de estas estructuras se realizará considerando la estabilidad a largo plazo, la integración paisajística y la minimización del impacto ambiental durante su construcción.

12.6.4 Otros elementos afectados

Previo a los trabajos de abandono y restauración definitivo, se llevará a cabo un proceso de identificación exhaustivo del uso futuro previsto para las instalaciones afectadas, en estrecha coordinación y acuerdo con el propietario del terreno. Esta etapa es crucial para asegurar que las labores de restauración y abandono se alineen con las expectativas del propietario y con las regulaciones de uso de suelo aplicables. Se sostendrán reuniones y se documentarán los acuerdos alcanzados con respecto al destino final de las áreas impactadas, considerando aspectos como la posible reutilización de estructuras existentes.

Adicionalmente, como parte integral del plan de restauración, se procederá a la reposición y reparación de todos los cercos y cualquier otra instalación original que hubiese sido afectada o removida durante las fases de ejecución del proyecto.

En caso de abandono definitivo se consultará con el propietario, a colocación de cercos y portones metálicos, en caso de ser necesario. Estos permitirán encerrar y aislar áreas específicas, impulsando así la regeneración natural y facilitando los trabajos de restauración.

12.7 Monitoreo

Concluidas las actividades de cierre y abandono, se realizarán monitoreos para verificar la eficacia de las medidas que se tomaron durante la ejecución de las actividades de cierre (a corto, mediano y largo plazo), abandono y cierre (durante un año) para posteriormente se realizara un documento final donde se detalla el total de las acciones realizadas.

12.7.1 Alcance del monitoreo

Se realizará el monitoreo a todas las áreas ocupadas por el proyecto "Perforación Exploratoria Pozo DMO-X3, Bloque Exploratorio San Telmo Norte" que serán abandonadas y rehabilitadas según las características de su entorno, el seguimiento se documentará y efectuará registro de las acciones realizadas para consolidar el abandono y cierre adecuado.

12.7.2 Frecuencia de monitoreo

Para asegurar la observación del desarrollo favorable del cierre y rehabilitación a corto, mediano y largo plazo, se proponen tres monitoreos estratégicos clave que permitirán evaluar la evolución del área en diferentes momentos. Estos son:

- Al finalizar el cierre y rehabilitación definitiva del proyecto.
- A los 6 meses de finalizar las actividades de restauración.
- Al año de finalizar las actividades de restauración.

La ejecución coordinada de estos tres monitoreos estratégicos posibilitará una evaluación integral y detallada del éxito de las acciones de cierre y rehabilitación implementadas en el área designada. Al realizarse en momentos clave, se obtendrá una perspectiva holística de la evolución del ecosistema a lo largo del tiempo. La información recopilada en cada monitoreo será crucial para identificar tendencias, evaluar la efectividad de las estrategias aplicadas y realizar ajustes oportunos en los planes de gestión y control del proyecto. Este enfoque permitirá optimizar los resultados y asegurar la sostenibilidad a largo plazo de las acciones emprendidas.

12.7.3 Herramientas de monitoreo

Las herramientas de monitoreo se refieren a los métodos utilizados para recolectar, medir, analizar y visualizar la evolución del abandono y restauración. Las herramientas de monitoreo que se utilizaran incluyen:

- Observación directa: A través del trabajo de campo se realizarán recorridos exhaustivos por las diversas áreas que abarca el proyecto. Estas visitas in situ permitirán recopilar información detallada y de primera mano sobre el estado de abandono y cierre, identificando señales visibles y evaluando la infraestructura existente.
- Cartografía de áreas abandonadas y rehabilitadas: Para un mejor monitoreo espacial se deberá mapear los avances del proceso de abandono y restauración, utilizando como base un mapa con ubicación de las acciones de restauración. El monitoreo para evaluar el desarrollo de la restauración se realizará con apoyo de imágenes de satélite y/o fotografías aéreas tomadas con sobrevuelos de drones.

- Registro de indicadores: Los indicadores se definen como medidas concretas, ya sean numéricas o descriptivas, que ofrecen información verificable sobre el progreso de las acciones de cierre y rehabilitación.

12.7.4 Indicadores de desempeño

Los indicadores permitirán medir el desempeño que presenta el proceso de cierre y rehabilitación, que se emplean para evaluar el avance y estado de áreas utilizadas para el desarrollo del proyecto, deberán ser evaluadas para tomar medidas necesarias para mejorar la eficacia de los procesos de cierre y rehabilitación a corto, mediano y largo plazo.

Los indicadores que se proponen mostraran valoraciones realizadas en campo. Siendo comparadas bajo el umbral de 100% de efectividad para considerarlo como meta alcanzada en el cierre y rehabilitación.

- *Avance del cierre y abandono*: Mediante los monitoreos se medirá el estado del cierre de áreas y su posterior abandono, registrando todas las instalaciones del proyecto y su porcentaje de avance en cuanto a tareas de cierre y abandono ya sean temporales o definitivas.
- *Avance de la revegetación (AR)*: indica el porcentaje de superficie revegetada respecto al área total intervenida por el proyecto.

$$AR\% = \frac{\text{Área revegetada (ha)}}{\text{Área total intervenida (ha)}} * 100$$

- *Sobrevivencia de plantines revegetados (SP)*: indica el porcentaje relativo de sobrevivencia de los plantines revegetados en cada campaña de revegetación realizada. Para su medición se realizarán parcelas de muestreo de 100 metros de longitud y 2 metros de ancho; una en cada instalación revegetada.

$$SP\% = \frac{\text{Nro. de plantines sobrevivientes}}{\text{Nro. total de plantines revegetados}} * 100$$

- *Cobertura vegetal del suelo*: indica el porcentaje de cubrimiento por revegetación inducida o regeneración natural que presentan las áreas impactadas del proyecto, haciendo una relación porcentual con el área total a restaurar.

$$CV\% = \frac{\text{Total de área cubierta por vegetación}}{\text{Área total a restaurar}} * 100$$

- **Áreas problemáticas para la revegetación y regeneración natural (APRN):** indica el número de sitios críticos para la revegetación inducida o regeneración natural, por condiciones del medio ambiente, como sequías, incendios, ganado vacuno u otros.

$$APRN = \text{Nro. de áreas problemáticas para la regeneración natural o inducida}$$

12.8 Personal de ejecución y seguimiento

El ente responsable de la ejecución de este programa, sus actividades y acciones, es la empresa contratista bajo el control y monitoreo de la supervisión. Para ello utilizará su organización interna designando profesionales competentes para el seguimiento minucioso de las actividades y acciones, así como del cumplimiento del programa en su total magnitud. En la siguiente tabla Tabla 12-5 se indica el personal que realizará los trabajos de abandono y restauración:

Tabla 12-5: Posiciones y responsabilidades para el Plan de Cierre y Abandono.

Posición/nombre	Responsabilidades
Gerente de construcción e ingeniería (Ingeniería)	✓ Garantizar los medios y recursos para que se cumpla con el Plan de Cierre y Abandono, así como con la legislación vigente. ✓ Garantizar los medios para que se realicen inspecciones y/o auditorías para confirmar el cumplimiento de lo dispuesto en el Plan de Cierre y Abandono.
Jefe de construcción e ingeniería (Ingeniería)	✓ Responsable en la actividad de implementar el Plan de Cierre y Abandono. ✓ Informar al superior de cualquier desviación o no conformidad relacionada con el Plan de Cierre y Abandono. ✓ Asegurar que se comprueba periódicamente que el Plan de Cierre y Abandono sea cumplido por los contratistas.
Ingeniero Ambiental	✓ Gestionar licencias/autorizaciones/permisos pertinentes. ✓ Principal punto de contacto para las Administraciones. ✓ Realizar inspecciones periódicas a las áreas en abandono con el fin de verificar el cumplimiento de las acciones propuestas en el plan de cierre y abandono. ✓ Elaborar los informes/documentación requerida por las autoridades, incluyendo documentación necesaria para la obtención de las autorizaciones pertinentes.
Supervisor de SMA en campo.	✓ Asegurar la monitorización de la implementación del Plan de Cierre y Abandono. ✓ Sugerir mejoras/ cambios al Plan de Cierre y Abandono.

Posición/nombre	Responsabilidades
	✓ Actuar como jefe de incidencias. ✓ Verificar que se cumple el Plan de Cierre y Abandono en la AOP. ✓ Informar al Coordinador de SMA de cualquier desviación o incidencia relacionada con el Plan de Cierre y Abandono y de la implantación del mismo. ✓ Dar formación o asegurarse de que se imparta formación a empleados y contratistas para asegurar el cumplimiento del Plan de Cierre y Abandono.
Personal de PEB y contratistas.	✓ Cumplir con los requisitos del Plan de Cierre y Abandono. ✓ Informar al Supervisor de SMA en campo de cualquier desviación o no conformidad del Plan de Cierre y Abandono.

12.9 Costos de implementación

En la siguiente Tabla 12-6 se presentan los costos estimados para el Plan de Cierre y Restauración de la AOP, los cuales se agrupan por las actividades que conllevan el proceso de abandono y su posterior restauración. También son aplicable según la necesidad de las acciones a ejecutarse en función a la situación actual.

Tabla 12-6: Costos estimados abandono temporal y permanente

Plan	Actividad	Costo \$us / ha
Abandono	Abandono de planchada y campamentos	1,200
	Desmantelamientos de instalaciones de apoyo	1,000
	Retiro de materiales y limpieza general	500
Restauración	Subsolado y escarificado del suelo	1,000
	Obras de control de erosión	5,000
	Obras de drenaje	5,000
	Restauración otros elementos afectados	5,000
	Incorporación de materia orgánica y humus al suelo	3,000
	Siembra de plántulas arbóreas	10,000
	Refallo y seguimiento de la revegetación	3,000

12.10 Cronograma de actividades

Según el cronograma (Ver Tabla 12-7), algunas actividades se realizarán de manera paralela, así se ha estimado un tiempo de 9 meses para el abandono permanente y temporal. El cronograma presentado podría variar en función del avance del trabajo y las condiciones del terreno.

Tabla 12-7: Cronograma de ejecución para abandono temporal y permanente

Plan	Actividad	Meses								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Abandono	Abandono de planchada y campamento									
	Desmovilización de personal									
	Desmovilización de equipos									
	Retiro de materiales y limpieza general									
Restauración	Subsolado y escarificado del suelo									
	Obras de control de erosión									
	Obras de drenaje									
	Restauración otros elementos afectados									
	Incorporación de materia orgánica al suelo									
	Siembra de plántulas arbóreas									
	Refallo y seguimiento de la revegetación*									

*Se realizará el refallo y seguimiento para la revegetación en tres épocas húmedas, la primera a los 3 meses después de finalizada la siembra de plántulas, y las otras se realizarán cada 6 meses, una vez concluidas las actividades de abandono, cierre y rehabilitación. De manera referencial, las épocas húmedas serán consideradas entre los meses de marzo y octubre.