

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**Ciclo Optativo de Especialización y Profesionalización
en Gestión de Calidad y Auditoría Ambiental**



**“TECNOLOGÍAS DE REVEGETACIÓN EN SUELOS IMPACTADOS
POR ACTIVIDADES MINERAS, EXPERIENCIAS EN EL PERÚ”**

Presentado por:

David Alfredo Guerrero Centurión

Trabajo Académico para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

**LIMA – PERÚ
2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**Ciclo Optativo de Especialización y Profesionalización
en Gestión de Calidad y Auditoría Ambiental**

**“TECNOLOGÍAS DE REVEGETACIÓN EN SUELOS IMPACTADOS
POR ACTIVIDADES MINERAS, EXPERIENCIAS EN EL PERÚ”**

Presentado por:

David Alfredo Guerrero Centurión

Trabajo Académico para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg. Sc. Abelardo Calderón Rodríguez
PRESIDENTE

Mg. Sc. Ernesto Ever Menacho Casimiro
MIEMBRO

Biol. Juan Juscamaita Morales
MIEMBRO

Mg. Sc. Juan Guerrero Barrantes
ASESOR

DEDICATORIA

*A mis queridos padres por su eterna confianza
e incondicional apoyo para ellos con todo mi
corazón van mis logros.*

*Al Perú, por permitirme conocerlo y por
el cual brindo mi trabajo y esfuerzo en
aras de su desarrollo.*

AGRADECIMIENTOS

- Al Ing. Jorge Chávez Saldaña, mi ex Jefe y amigo, quien me permitió conocer más de cerca la problemática ambiental de los pasivos ambientales mineros en el Perú.
- A los funcionarios del Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros, por la atención e información oportuna brindada.
- A los funcionarios del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, por la atención e información oportuna brindada
- A mis padres, hermanos y familia en general por su confianza y todo su apoyo
- Al Mg. Sc. Juan Guerrero Barrantes, quien más que patrocinador, fue un guía, maestro, familia y amigo; cuyo apoyo constante para la ejecución del presente trabajo permitió lograr el objetivo de la obtención del presente título.
- Al Mg. Sc. Abelardo Calderón Rodríguez, presidente del jurado del presente trabajo, por su disposición y apoyo hasta la sustentación del presente trabajo.
- Al Mg. Sc. Ernesto Ever Menacho Casimiro, miembro del jurado del presente trabajo, por su apoyo y tiempo hasta la sustentación del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	Marco Teórico.....	3
2.1.1.	Calidad del suelo	3
2.1.2.	Contaminación del suelo	4
2.1.3.	Contaminación del suelo por explotaciones mineras	4
2.1.4.	Pasivos Ambientales Mineros (PAM)	5
a)	Definición	5
b)	Tipos de PAM.....	5
c)	Problemática ambiental de los PAM	6
d)	Gestión de PAMs en el Perú.....	7
e)	Situación actual de los PAMs en el Perú.....	10
2.1.5.	Cierre de minas	13
a)	Estabilidad física	15
b)	Estabilidad química	15
2.1.6.	Revegetación en suelos impactados por actividades mineras	16
a)	Ventajas, y Dificultades que tienen la Vegetación en los Programas de Revegetación de Coberturas de desmonte en PAM.....	16
b)	Funciones de la Vegetación.....	17
c)	Proceso de Revegetación de Coberturas de Relaves y Rocas de Desmonte .	21
d)	Manejo y monitoreo de las tierras revegetadas	33
2.1.7.	Fitorremediación o fitorrecuperación	33
2.2.	Marco Legal para el Cierre de Minas y Cierre de PAMs	34
2.2.1.	Normas de calidad ambiental y salud	36
2.2.2.	Marco legal sobre biodiversidad	41
2.2.3.	Marco legal sobre recursos hídricos	44

2.2.4.	Marco legal aplicable al sector Energía y Minas.....	45
III.	MATERIALES Y METODOS.....	51
3.1.	Materiales.....	51
3.1.1.	Revisión de información secundaria	51
a)	Documentación oficial.....	51
b)	Documentación no oficial.....	51
3.1.2.	Informática y procesamiento de mapas	52
3.2.	Métodos	52
3.2.1.	Identificación y descripción de experiencias exitosas en la aplicación de tecnologías de revegetación en tierras impactadas por actividades mineras.	52
a)	Identificación.....	52
b)	Descripción.....	52
3.2.2.	Elaboración de mapa de ubicación de los sitios con experiencias exitosas en revegetación de tierras impactadas por actividades mineras seleccionados.....	55
3.2.3.	Elaboración de mapa de actores involucrados en el desarrollo e implementación de las tecnologías de revegetación en tierras impactadas por actividades mineras en el Perú.....	56
a)	Paso 1: Propuesta inicial de clasificación de actores.....	56
b)	Paso 2: Identificación de funciones y roles de cada actor	57
c)	Paso 3: Análisis de los actores.....	57
d)	Paso 4: Elaboración de la matriz de mapa de actores.....	57
e)	Paso 5: Reconocimiento de las relaciones sociales	58
f)	Paso 6: Reconocimiento de las redes sociales existentes	58
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	59
4.1.	Resultados.....	59
4.1.1.	Experiencias exitosas de revegetación en tierras impactadas por actividades mineras en el Perú.....	64

a)	Depósitos de relaves N° 1 al N° 4 - Ex U.M. Colquirrumi – Sector San Agustín	64
b)	Depósito de desmontes Este y Suroeste – U.M. Quicay	77
4.1.2.	Análisis de actores involucrados en el desarrollo e implementación de las tecnologías de revegetación en tierras impactadas por actividades mineras en el Perú	94
a)	Propuesta inicial de clasificación de actores	94
b)	Identificación de funciones y roles de cada actor	95
c)	Análisis de actores	106
d)	Matriz de actores	107
e)	Relaciones y redes sociales existentes	108
4.2.	Discusión	110
4.2.1.	Experiencias exitosas de revegetación en tierras impactadas por actividades mineras en el Perú.....	110
4.2.2.	Análisis de actores involucrados en el desarrollo e implementación de las tecnologías de revegetación en tierras impactadas por actividades mineras en el Perú	111
V.	CONCLUSIONES	112
VI.	RECOMENDACIONES	114
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
VIII.	ANEXOS	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Ventajas y dificultades de la revegetación	16
Tabla 02: Consideraciones para la Selección de especies de plantas	26
Tabla 03: Limitaciones para Siembra de Pastos con Diferentes Sistemas de Plantación en Hileras, al Voleo e Hidrosiembra	30
Tabla 04: Normas generales	34
Tabla 05: Normas de calidad ambiental y salud.....	36
Tabla 06: Marco legal sobre biodiversidad	41
Tabla 07: Marco legal sobre recursos hídricos	45
Tabla 08: Marco legal aplicable al sector Energía y Minas	46
Tabla 09: Modelo de Ficha Descriptiva de la experiencia de revegetación	53
Tabla 10: Características principales del componente de cierre.....	54
Tabla 11: Principales experiencias de revegetación realizadas en el Perú	61
Tabla 12: Ficha Descriptiva N° 1. U.M. Colquirrumi – Sector San Agustín	64
Tabla 13: Ubicación de depósitos de relaves sector San Agustín	69
Tabla 14: Características principales del Depósito de relaves Zona Colquirrumi	70
Tabla 15: Ficha Descriptiva N° 2: U.M. Quicay	78
Tabla 16: Características principales del Depósito de desmontes Este.....	80
Tabla 17: Características principales del Depósito de desmontes Suroeste	82
Tabla 18: Resultados del análisis de suelos de muestras de top soil	85
Tabla 19: Demanda de semillas en la revegetación.....	88
Tabla 20: Demanda de Fertilizantes en la Revegetación.....	89
Tabla 21: Demanda de riego tecnificado de los componentes revegetados	89
Tabla 22: Demanda de semillas en la Revegetación	91
Tabla 23: Demanda de Fertilizantes en la Revegetación.....	91
Tabla 24: Demanda de riego tecnificado de los componentes revegetados	92
Tabla 25: Análisis de actores.....	106

Tabla 26: Requerimientos de suelo para las especies más utilizadas en programas de revegetación de coberturas de relaves y rocas de desmonte..... 122

Tabla 27: Requerimientos climáticos para las especies más utilizadas en programas de revegetación de coberturas de relaves y rocas de desmonte..... 123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Línea de tiempo en la gestión de pasivos ambientales mineros.....	9
Figura 02: Pasivos ambientales de la actividad minera - por región.....	11
Figura 03: Identificación de responsables de PAM.....	11
Figura 04: Estudios Ambientales de PAM.....	12
Figura 05: Ciclos de vida de la mina a partir de la Ley 28090 y su reglamentación.....	14
Figura 06: Flujograma del proceso de acondicionamiento del sitio.....	14
Figura 07: Procesos de identificación de actores.....	56
Figura 08: Modelo de matriz de mapeo de actores claves.....	58
Figura 09: Vista depósitos de relaves sector San Agustín.....	65
Figura 10: Método de Banquetas.....	71
Figura 11: Red de drenaje superficial para el manejo de aguas de escorrentía.....	72
Figura 12: Modelo de Cobertura tipo II utilizado en depósitos de relaves.....	74
Figura 13: Vista depósitos de desmontes Suroeste.....	79
Figura 14: Modelo de Cobertura tipo II utilizado en depósito de desmontes.....	84
Figura 15: Grupos de actores claves relacionados con el desarrollo e implementación de tecnologías de revegetación.....	95
Figura 16: Matriz de actores.....	108
Figura 17: Mapa de actores y redes existentes.....	109
Figura 18: Proceso de Transplantar Pastos mediante Esquejes o Hijuelos.....	124
(chillihua, ichu, poa, etc).....	124
Figura 19: Depósitos de relaves dañados por invasión de ASETACOL.....	131
Figura 20: Canal de derivación colapsado.....	131
Figura 21: Vista frontal de las zonas de relaveras.....	132
Figura 22: Vista general de la cara norte del depósito de desmontes Este.....	133
Figura 23: Cara sur del depósito de desmontes Este.....	133
Figura 24: Depósito de desmontes Suroeste revegetado.....	134

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Marco teórico.....	121
Anexo 2: Mapas.....	125
Anexo 3: Panel fotográfico.....	131

RESUMEN

El presente trabajo de investigación detalla las experiencias y diseños exitosos de revegetación para la reincorporación ecológica y cultural de suelos impactados por actividades mineras, mediante el enfoque técnico y social que engloban el desarrollo de dichos proyectos. Los resultados obtenidos muestran catorce experiencias a nivel nacional descritas de manera general, siendo dos de ellas descritas a nivel de detalle. La primera experiencia corresponde a las actividades desarrolladas sobre los pasivos ambientales mineros identificados como depósitos de relave en la Ex Unidad Minera Colquirrumi ubicados en el sector San Agustín, distrito y provincia de Hualgayoc en el departamento de Cajamarca. La segunda experiencia corresponde a las actividades de cierre progresivo en los depósitos de desmontes Este y Suroeste de la Unidad Minera Quicay, ubicados en el distrito de Simón Bolívar provincia y departamento de Pasco. En ambos casos los monitoreos para la estabilidad física y química se encuentran dentro de los parámetros de diseño; de la misma forma los monitoreos de revegetación presentan coberturas de pastos introducidos entre 50 al 100% para el caso de Colquirrumi; y coberturas de pastos introducidos y especies nativas al 100% para el caso de Quicay. En relación al análisis de actores realizado, el desarrollo e implementación de tecnologías de revegetación en el Perú, no considera el entorno social e institucional y el fortalecimiento de relaciones entre las partes interesadas como un factor crítico para su desarrollo. Asimismo, a pesar de que los procesos de participación ciudadana buscan promover el dialogo entre la sociedad civil, la empresa y el estado; existen actores como las universidades, con las cuales se podría mejorar las relaciones para brindar mayor confianza a las comunidades.

Palabras claves: Pasivo ambiental minero, Revegetación, Pastos introducidos, Especies nativas, Cierre de Minas, Mapa de actores

ABSTRACT

This research paper detailing the experiences and successful revegetation designs for ecological and cultural reincorporation of soils impacted by mining activities, through technical and social approach encompassing the development of such projects. The results obtained show fourteen experiences at the national level generally described, two of them being described in detail. The first experience corresponds to the activities carried out on mining environmental liabilities identified as tailings deposits in the Ex Mining Unit of Colquirrumi located in San Agustin sector, district and province of Hualgayoc in the department of Cajamarca. The second experience corresponds to the progressive closure activities in deposits clearings East and Southwest Quicay Mining Unit, located in the district of Simon Bolivar province and department of Pasco. In both cases the monitoring for physical and chemical stability are within the design parameters; the same way the monitoring revegetation introduced grasses have coverage between 50 to 100% for the case of Colquirrumi; And introduced pasture coverages and 100% native species for the Quicay case. Regarding the stakeholder analysis conducted, development and implementation of technologies revegetation in Peru, does not consider the social and institutional environment and strengthening relationships between stakeholders as a critical factor for their development. Also, despite the fact that citizen participation processes seek to promote dialogue between civil society, business and the state; There are actors such as universities, with which relationships could be improved to provide greater confidence to communities.

Keywords: mining environmental liabilities, revegetation, introduced grasses, native species, Mine Closure, Map of actors

I. INTRODUCCIÓN

El Perú tiene una larga historia de extracción de minerales, en la época del imperio de los Incas, en el siglo XVI, tres milenios antes se extraía, fundía y trabajaba metales preciosos. Cuando arribaron los primeros españoles en 1532, el oro y la plata daban esplendor a los incas, a su religión de adoración al Sol y a sus cortes, principalmente en el Cusco (IEP, 2007).

Dicha tradición minera, sin criterio de sostenibilidad por las malas prácticas ambientales realizadas desde la república hasta los años noventa, por la carencia de normativa e institucionalidad en la minería tradicional que generó grandes depósitos de relaves, botaderos de desmontes, y otros pasivos ambientales mineros, los cuales generaron un deterioro del paisaje cultural y físico de la sierra peruana e impactos negativos en la calidad del agua, aire, suelo que son argumento de reclamo en los conflictos sociales en el sector. Actualmente en el año 2016, existen alrededor de 91 conflictos socioambientales asociados a la minería en el país (Defensoría del Pueblo, 2016)

Sin embargo, uno de los retos de la ingeniería peruana es poder revertir esta situación, mediante la muestra de que el panorama minero actualmente ha cambiado y por el uso de técnicas de cierre de minas vigentes desde el año 2005, que permiten la reincorporación ecológica de las áreas impactadas por actividades mineras, asegurando de esta manera la no generación de pasivos ambientales, y la posibilidad de reaprovechamiento de las sitios llamados contaminados o inutilizables para el agro y/o ganadería.

En nuestro país, una de las técnicas más utilizadas es la revegetación, la cual consiste en la restauración de la producción biológica del suelo, la reducción y control de la erosión, la estabilización de los terrenos sin consolidar, la protección de los recursos hidráulicos y la integración paisajística, disminución del riesgo de generación de lixiviados en estas áreas tratadas, y la integración de estas obras realizadas con el entorno ecológico y paisajístico.

Producto de esto, las áreas tendrían condiciones ecosistémicas que potencialmente lo dejarían apto para otros usos.

Es por ello que el objetivo del presente trabajo de investigación es presentar los resultados de casos exitosos de revegetación que se han realizado en el país, analizando la remediación y cierre de Pasivos Ambientales Mineros por parte del estado, el cierre progresivo de minas y la remediación voluntaria por parte del sector privado. Dichas experiencias servirán de material de consulta útil para la población interesada en el tema sobre los avances tecnológicos y los resultados obtenidos en materia del cierre de minas, contribuyendo de esta manera en la disponibilidad de información en referencia al tema y de esta manera disminuir los conflictos asociados al desarrollo de nuevos proyectos mineros.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Calidad del suelo

La definición de la calidad del suelo fue desarrollada por el Comité para la Salud del Suelo de la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo SSSA (Karlen et al., 1997) como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat.

Las definiciones más recientes de calidad del suelo se basan en la multifuncionalidad del suelo y no sólo en un uso específico, pero este concepto continúa evolucionando (Singer y Ewing, 2000).

De acuerdo a la Guía para el Muestreo de suelos del MINAM, promulgada en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, se define a la calidad el suelo como: la capacidad natural del suelo de cumplir diferentes funciones ecológicas, agronómicas, económicas, culturales, arqueológicas y recreacionales.

2.1.2. Contaminación del suelo

La contaminación del suelo consiste en una degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo como consecuencia de la acumulación de sustancias tóxicas en unas concentraciones que superan el poder de amortiguación natural del suelo y que modifican negativamente sus propiedades. Esta acumulación se realiza generalmente como consecuencia de actividades humanas, para diferenciar del nivel de fondo geoquímico natural o endógena cuando los procesos de edafización liberan elementos químicos contenidos en las rocas y los concentran en el suelo alcanzando niveles tóxicos. Un ejemplo de esto último lo tenemos en suelos muy evolucionados formados sobre rocas serpentinizadas con altos contenidos en metales pesados como el Cr, Ni, Cu y Mn (Macías, 1993).

2.1.3. Contaminación del suelo por explotaciones mineras

Las actividades mineras provocan generalmente grandes impactos ambientales, con destrucción de los suelos naturales y creación de nuevos suelos (Antrosoles) que presentan fuertes limitaciones físicas, químicas y biológicas que dificultan la reinstalación de vegetación. Las consecuencias negativas se reflejan fundamentalmente en una destrucción de la estructura del suelo y una modificación de sus características texturales, frecuentemente una disminución de la fracción arcilla a favor de fracciones más gruesas; una acidificación asociada a los procesos de oxidación que favorece la movilización de especies químicas tóxicas limitantes de la actividad biológica; la decapitación de los horizontes superficiales biológicamente activos, que conlleva la ruptura de los ciclos biogeoquímicos y la dificultad de enraizamiento; y una disminución de la capacidad de cambio y de la retención de agua en el suelo como consecuencia de la escasez de materia orgánica y arcilla (Macías, 1996).

2.1.4. Pasivos Ambientales Mineros (PAM)

a) Definición

En nuestro país, la definición de Pasivos Ambientales Mineros incluye todas las instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o inactivas y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad”. (Ley N°28271 - Ley de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera)

Asimismo la citada norma también incluye las siguientes definiciones:

- **Pasivo ambiental minero abandonado:** Pasivo que se encontraba localizado fuera de una concesión vigente a la fecha de entrada en vigencia de la ley N°28271.
- **Pasivo ambiental minero inactivo:** Aquellos pasivos que a la fecha de vigencia de la ley, se encontraban localizados en concesión vigente, en áreas, labores o instalaciones que estaban sin operar durante dos años o más.

b) Tipos de PAM

Entre los principales tipos de PAMs tenemos:

- **Depósito de desmonte**

Es el área ocupada por los materiales extraídos del interior de la mina o del área de explotación a cielo abierto, que no contiene valores extraíbles o que su extracción no es económica, por lo que se han dispuesto en un lugar donde no se realizan actividades de explotación (FONAM, 2016).

- **Depósito de relave o relavera**

Es el área ocupada por los materiales (de grano fino) sin valor, que se obtiene, como producto de los procesos de concentración de minerales por el método de flotación, estos relaves se han dispuesto en forma de pulpa, eliminando el agua después de la sedimentación de los sólidos. Sus características son de material fino de fácil erosión por la acción del viento y de las escorrentías. Su disposición exige generalmente la construcción de una presa de sostenimiento, la misma que por lo general se construye con el mismo material grueso que está contenido en la pulpa (FONAM, 2016).

c) **Problemática ambiental de los PAM**

Los pasivos ambientales representan o pueden representar un riesgo de seguridad o de contaminación tanto para la salud humana como para el medio ambiente. El Riesgo de contaminación se debe a la presencia de sustancias tóxicas, como por ejemplo arsénico, el cianuro o los metales pesados en los residuos mineros como son los relaves y los desmontes y a la liberación de ellos al medio ambiente. El riesgo de seguridad se debe a la estabilidad física de las instalaciones remanentes (Oblaser y Chaparro, 2008).

Entre los principales impactos relacionados a los pasivos ambientales mineros tenemos:

- Contaminación de acuíferos y ecosistemas acuáticos por filtraciones, descargas de drenaje ácido y arrastre de residuos.
- Contaminación de suelos
- Contaminación de aire por dispersión de polvos en componentes sin cobertura.
- Inestabilidad física (derrumbes, deslizamientos, etc)
- Efectos sobre otras actividades económicas (agricultura, ganadería, etc)
- Efectos sobre la salud y la calidad de vida de la población (intoxicaciones, desplazamientos)
- Percepción negativa al sector minero por parte de la población y generación de temores a la actividad.

Drenaje Ácido de Roca (DAR)

El drenaje ácido son el resultado de la oxidación de minerales sulfurados y la posterior lixiviación o disolución de los metales asociados, cuando las rocas sulfurosas son expuestas al aire y al agua. Las condiciones básicas son: agua (medio acuoso), fuente de azufre (mineral como pirita, etc.), aire (como fuente de oxígeno) y bacterias (microorganismos acidófilos y extremos como el *Acidithiobacillus ferrooxidans* que es considerado como uno de los más importantes contribuyentes al drenaje ácido) (ICAP, 2013).

d) Gestión de PAMs en el Perú

Recién en el año 2004, se regularon los pasivos ambientales de la actividad minera, anteriormente la problemática se centraba en los pasivos ambientales generados principalmente por las pequeñas empresas mineras y algunas empresas medianas (Congreso de la República, 2015). Esto fue posible porque a partir del año 1995, el MINEM realizó diferentes estudios y diagnósticos sobre pasivos mineros, entre ellos, se encuentran el Proyecto de Desarrollo Sostenible (PRODES), el Proyecto Mantaro y el Proyecto Eliminación de Pasivos Ambientales (EPA):

- **PRODES.** Se creó en el año 1995 con el fin de identificar los PAM, realizó un diagnóstico ambiental de 16 cuencas hidrográficas con actividad minera en el Perú, mediante los Estudios de Evaluación Ambiental Territorial (EVAT). Adicionalmente, se elaboró cuatro inventarios de minas inactivas y monitoreos complementarios a 10 cuencas con actividad minera. Por último, se diseñó y desarrolló el Sistema de Información Ambiental (SIA), que es una base de datos que resume en fichas la información de los 611 sitios mineros con pasivos ambientales identificados indicando su ubicación, característica, titulares, situación legal y costo aproximado de remediación (MINEM, 2006)

- **El Proyecto Mantaro.-** Se inició el año 1997, como un proyecto para el Control de la Contaminación Ambiental de Origen Minero Metalúrgico en la Cuenca del Río Mantaro (Sub Proyecto Mantaro) y tuvo la finalidad de identificar alternativas de solución a los problemas ambientales del Río Mantaro.

Precisamente uno de los objetivos del proyecto fue la realización de un inventario de minas abandonadas en la cuenca del río Mantaro, en el tramo comprendido entre Cerro de Pasco y Cobriza en febrero de 1997. Así también, se prepararon 12 perfiles de proyectos y de restauración de 12 minas abandonadas. Fue financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

- **El Proyecto EPA.-** Se inició en enero del año 2001, a cargo de la DGAAM, (ponerlo completo) y tuvo como objetivo realizar estudios y obras para la rehabilitación de áreas afectadas por los pasivos ambientales históricos, originado por actividades mineras y energéticas. En el marco del proyecto se realizaron cuatro inventarios de minas inactivas, monitoreos de cuencas y estudios de remediación, estudios de ingeniería básica y de detalle de ocho pasivos ambientales mineros de la cuenca del Río Santa. Sobre la base de estos estudios, se identificaron 611 PAM y se estimó el costo de remediación de los mismos.

Dentro de este contexto, el 06 de setiembre de 2002, se presentó ante el Congreso de la República el Proyecto de Ley N° 3801-2002-CR, la Ley que regula los pasivos ambientales históricos de la actividad minera; el mismo que luego de su paso por las Comisiones de Energía y Minas y de Ambiente y Ecología del Congreso, así como por el Poder Ejecutivo, fue aprobada la Ley N° 28271, Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera, por el Congreso de la República en la sesión del 01 de julio de 2004, siendo la misma publicada en el diario oficial “El Peruano” el 06 de julio del mismo año.

Es así que a partir de la reglamentación de la Ley N° 28271, mediante Decreto Supremo N° 059-2005-EM, publicado en el diario oficial “El Peruano” el 08 de diciembre de 2005, se promueve con mayor fuerza la identificación, inventariado y evaluación de los pasivos mineros, lo que ha permitido durante 2007-2010, la elaboración de estándares para la priorización de las cuencas hidrográficas y la implementación del sistema de gestión de

pasivos ambientales mineros (SIGEPAM) y un plan de manejo ambiental, con el fin de actualizar los pasivos ambientales, lográndose identificar al 2015 la cantidad de 8 616 pasivos en todo el país, tal como se puede apreciar en la siguiente figura:

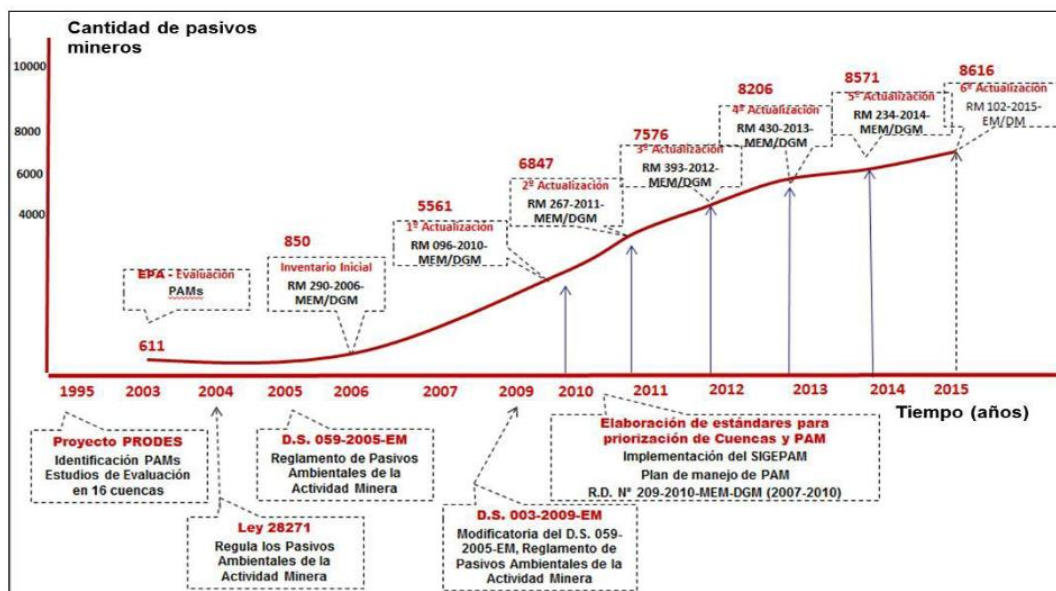


Figura 01: Línea de tiempo en la gestión de pasivos ambientales mineros

FUENTE: Sotomayor, 2015

Paralelamente a partir del 2007, se ha incorporado el Proyecto de Reforma del Sector de Recursos Mineros del Perú (PERCAN) en convenio entre Perú y Canadá para el fortalecimiento institucional con la Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional (ACDI), con la finalidad de mejorar la gestión de los pasivos ambientales y sociales en el sector minero peruano (Sotomayor, 2015)

El MINEM, en su esfuerzo de hacer eficiente la gestión de los pasivos ambientales, ha asumido una serie de compromisos suscribiendo convenios de colaboración con diversas instituciones, como fue con el Fondo Nacional del Ambiente (FONAM) para la administración de los fondos de fideicomiso por un monto de 3 millones de soles, destinados concretamente para la remediación de pasivos mineros en la región de Cajamarca, adicionalmente el MINEM mediante una adenda al convenio transfirió 3,9 millones de soles para la remediación y su posterior monitoreo de cinco depósitos de relaves “El Dorado”, en la provincia de Hualgayoc, cuya ejecución se llevó a cabo previo a un convenio entre MINEM, Activos Mineros SAC y FONAM, dichos depósitos actualmente se encuentran en

fase de post cierre. Posteriormente, el MINEM suscribió un segundo convenio con el FONAM, por un monto de 10 millones de soles, también destinados a la región de Cajamarca como parte complementaria al caso El Dorado, para la remediación de 64 pasivos y La Tahona con 55 pasivos que hacen un total de 119 pasivos mineros categorizados con riesgo muy alto y alto. En 2013, el MINEM, en virtud a la Ley N° 29951, logra un compromiso al firmar un convenio con Activos Mineros SAC, para la transferencia conjunta con el Instituto Geológico, Minero Metalúrgico de un total de 45 millones de soles, para la remediación de pasivos ambientales mineros a nivel nacional, estableciéndose mecanismos (categoría insignificante, baja, media, alta y muy alta) para los estudios de pre inversión y la ejecución de proyectos de inversión, según los lineamientos del sistema nacional de inversión pública (SNIP), para un total de 475 pasivos; de este conjunto de pasivos el 29% se encuentran en la región de Cajamarca y los restantes en las regiones de Ancash, Puno, Pasco, Junín, Ica y Huancavelica (Sotomayor, 2015).

e) Situación actual de los PAMs en el Perú

e.1) Inventario Nacional de PAMs actualizado

Al inventario inicial, aprobado en el año 2006, se han incluido PAM hasta en 11 oportunidades y se ha actualizado en seis ocasiones. A la fecha en el Perú, se encuentran oficialmente inventariados mediante resolución N° 102-2015-MEM/DM, 8 616 PAM distribuidos en 21 de regiones del país, 2 546 de ellos han sido clasificados como PAM de muy alto riesgo y 1 735 PAM de alto riesgo, constituyendo un total de 4 281 total de PAM entre alto y muy alto riesgo; la distribución por región, se puede apreciar en la siguiente figura:

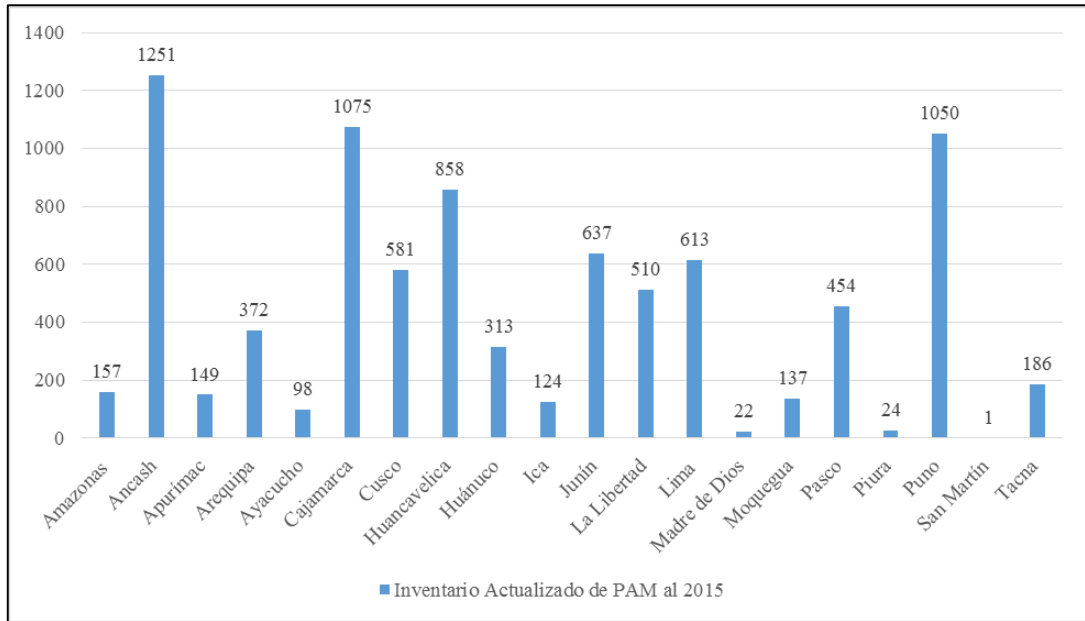


Figura 02: Pasivos ambientales de la actividad minera - por región

FUENTE: RM 102-2015-MEM/DM.

e.2) Determinación de responsables

De acuerdo con la información consignada en el inventario de PAM actualizado a marzo de 2015, de los 8 616 PAM, existen 1 001 cuyos responsables han sido identificados y 7 615 cuyos responsables no han sido identificados; tal como figura en la siguiente figura:

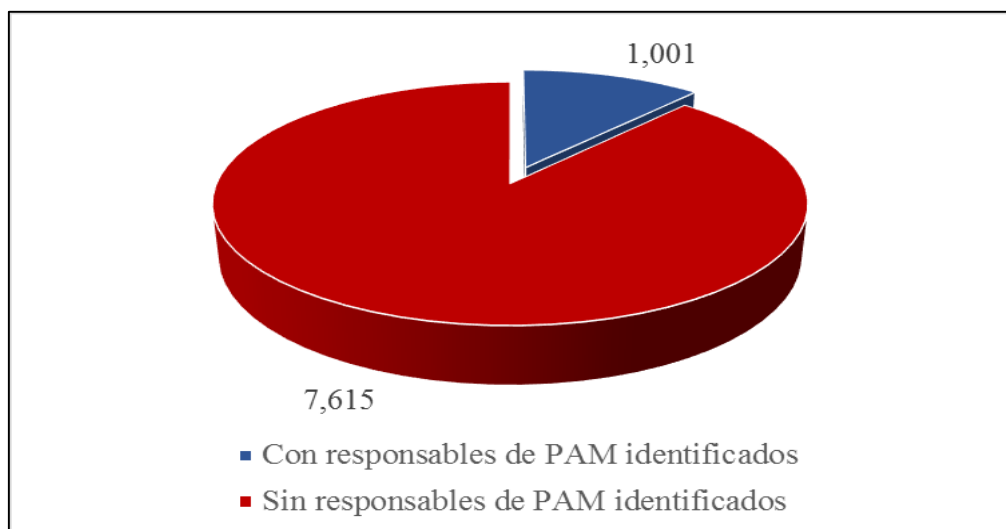


Figura 03: Identificación de responsables de PAM

FUENTE: RM 102-2015-MEM/DM.

e.3) Pasivos con estudios ambientales

De acuerdo con la información consignada en el inventario de PAM actualizado a marzo de 2015, de los 8 616 PAM inventariados, existen 861 que cuentan con estudios ambientales.

Realizado el análisis entre el número de PAM inventariados, los que cuentan con responsables identificados y los que cuentan con estudios ambientales, según el Inventario de PAM, se desprende que, de los 8 616 PAM, (i) existen 777 cuyos responsables han sido identificados y cuentan con estudios ambientales; (ii) 224 cuyos responsables han sido identificados pero no cuentan con estudios ambientales; (iii) 84 que cuentan con estudios ambientales pero cuyos responsables no han sido identificados; y (iv) 7 531 que no cuentan con responsables identificados ni con estudios ambientales en el Inventario; tal como figura en la siguiente figura:

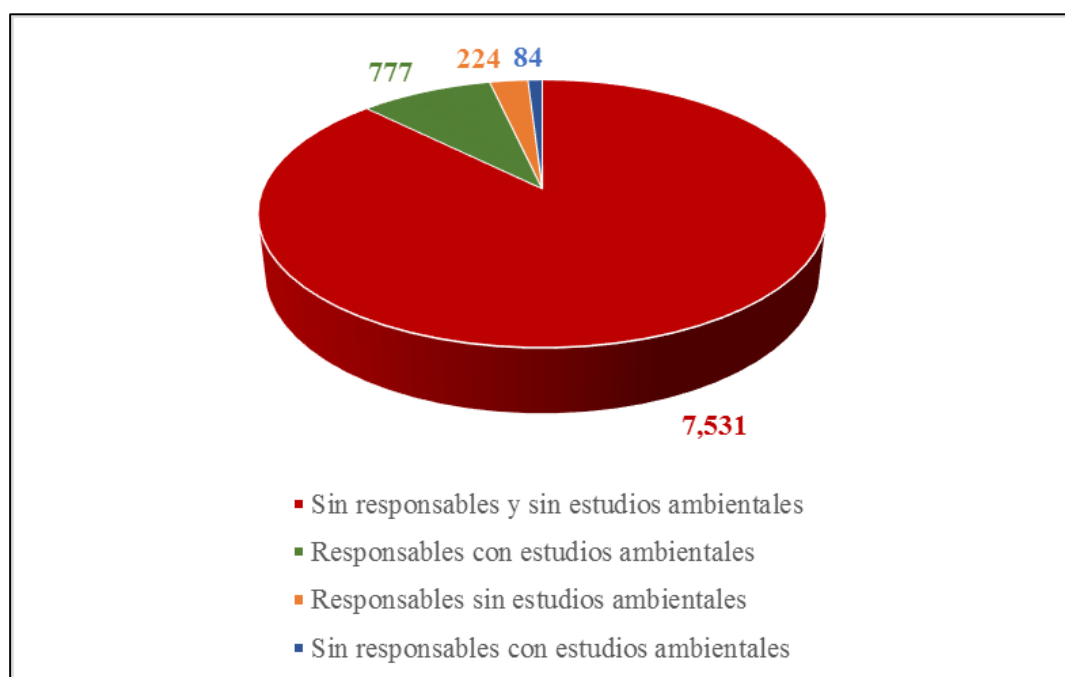


Figura 04: Estudios Ambientales de PAM

FUENTE: RM 102-2015-MEM/DM.

e.4) Ejecución de Planes de Cierre

En base a los plazos de ejecución de cierre se tiene que 34 de los 36 planes de cierre aprobados por la DGAAM, se encuentran vencidos. Respecto de las medidas de post cierre se ha producido el vencimiento en 10 casos.

A la fecha, no se han expedido Resoluciones de Aprobación de Plan de Cierre de Pasivos Ambientales Ejecutados. En tal sentido tanto el OEFA y la DGAAM reportaron no haber expedido Constancias de Cumplimiento de Terminación de Actividades ni Certificados de Cierre Final. (Defensoría del pueblo, 2015).

2.1.5. Cierre de minas

El Cierre de Minas es una actividad que busca rehabilitar las áreas utilizadas por la minería una vez concluidas las operaciones, para que el terreno tenga condiciones similares o mejores a las que existían antes del desarrollo de la actividad minera.

En el Perú existen dos procedimientos administrativos para el cierre de operaciones mineras, de acuerdo a la titularidad de la concesión, siendo estos los Planes de Cierre de Minas y los Planes de Cierre de Pasivos Ambientales mineros.

A partir de la promulgación de la Ley 28090 y su reglamentación el ciclo de vida de una mina se puede resumir en la siguiente ilustración:

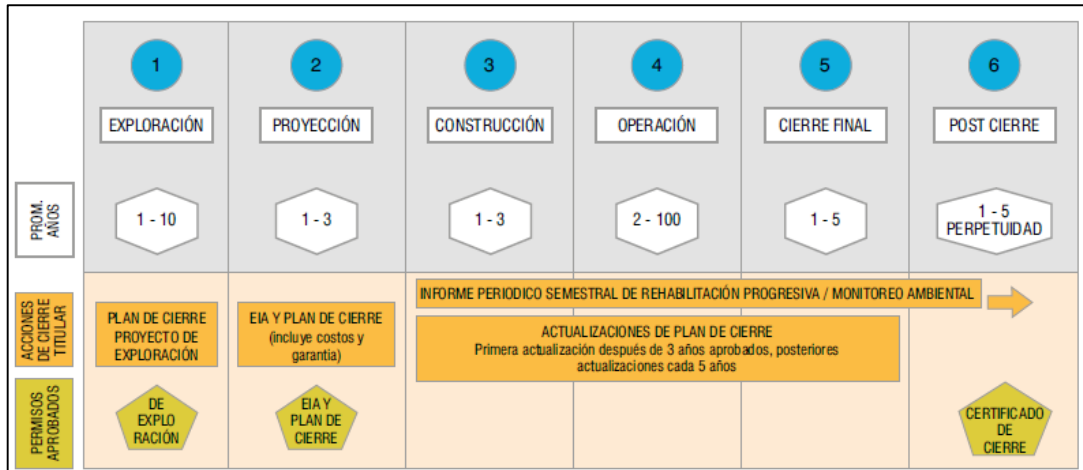


Figura 05: Ciclos de vida de la mina a partir de la Ley 28090 y su reglamentación.

FUENTE: Revista Minería N° 455, (2015)

Los lineamientos básicos para el cierre de minas en ambos casos pasan por la obtención y diseño de ingeniera para brindar las siguientes condiciones en los diferentes componentes mineros:

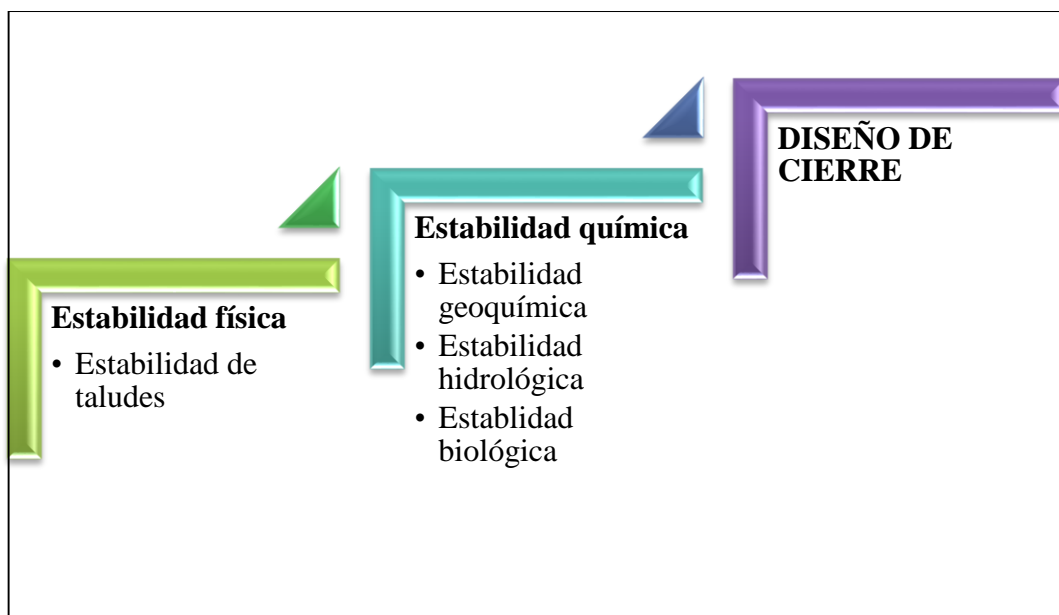


Figura 06: Flujograma del proceso de acondicionamiento del sitio

FUENTE: Elaboración propia

a) Estabilidad física

Comportamiento estable en el corto plazo, mediano y largo plazo de los componentes o residuos mineros frente a factores exógenos y endógenos, que evita el desplazamiento de materiales, con el propósito de no generar riesgos de accidente o contingencias para el ambiente y para la integridad física de personas y poblaciones y de las actividades que estas desarrollan (D.S 033-2005 EM Reglamento de Cierre de Minas).

Para cumplir el objetivo de la estabilidad física se desarrollan actividades como remoción de sustrato, perfilado de taludes y conformación de banquetas, utilizando maquinaria pesada y siguiendo las especificaciones técnicas del diseño aprobado.

b) Estabilidad química

Comportamiento estable en el corto plazo, mediano y largo plazo de los componente o residuos mineros que en su interacción con los factores ambientales, no generan emisiones o efluentes, cuyo efecto implique el incumplimiento de los estándares de calidad ambiental y eviten o controle los riesgos de contaminación del agua, aire o suelos; efectos negativos sobre fauna y flora los ecosistemas circundante o sobre la salud y seguridad de las personas (D.S 033-2005 EM Reglamento de Cierre de Minas).

Se logra ejecutando acciones que eviten o controlen los riesgos de contaminación del agua, aire o suelos, los efectos negativos sobre la fauna y flora de los ecosistemas circundantes o sobre la salud y seguridad de las personas. Se subdivide en tres componentes:

b.1. Estabilidad geoquímica. Los sustratos de residuos mineros de los componentes rehabilitados se comportan químicamente estables y no generan drenaje ácido.

b.2. Estabilidad hidrológica. Acciones o infraestructuras que permitan que el agua de precipitación pluvial u otros ingrese y salga del componente sin causar daño.

b.3. Estabilidad biológica (revegetación). Acciones que logran restablecer el ecosistema del área rehabilitada y lo deja en condiciones similares a las que existían antes de las operaciones mineras.

2.1.6. Revegetación en suelos impactados por actividades mineras

La revegetación de coberturas de rocas de desmonte y relaves es la búsqueda de medidas que disminuyan el riesgo de erosión o contaminación por lixiviados en estas áreas tratadas, y en la integración de estas obras realizadas con el entorno ecológico y paisajístico (Wilson, Brussiere, & Guerrero Barrantes, 2007), siendo el principal objetivos cubrir el 100% del área tratada, la efectividad del uso de plantas depende del clima y del comportamiento de la evapotranspiración como forma de control de la lixiviación.

a) **Ventajas, y Dificultades que tienen la Vegetación en los Programas de Revegetación de Coberturas de desmonte en PAM**

Las ventajas y dificultades que se presentan en los programas de revegetación de coberturas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 01: Ventajas y dificultades de la revegetación

Ventajas	Dificultades
<ul style="list-style-type: none">- Multifuncional- Relativamente económica- Se autorepara- Visualmente atractiva- Brinda servicios ambientales al medio.	<ul style="list-style-type: none">- Dificultad para el establecimiento de la vegetación en caso de pendientes altas.- Escasez de semilla en el mercado local, particularmente de especies nativas.- Susceptibilidad a quemas, debido a que es una práctica común en la zona alto andina.- Susceptibilidad a las sequías, particularmente en especies introducidas.- Baja resistencia a la socavación- Lentitud de germinación y crecimiento.

« Continuación »

Ventajas	Dificultades
	<ul style="list-style-type: none">- Carencia de experiencia.- Presencia de animales no permiten el buen establecimiento de la vegetación.

FUENTE: Elaboración propia

b) Funciones de la Vegetación

La principal función de la vegetación en el manejo de coberturas, es el control de la erosión, lo cual se basa en los siguientes efectos (Suarez, 2001):

b.1) Efectos hidrológicos

Intercepción de las gotas de lluvia

El follaje intercepta la lluvia impidiendo el impacto directo sobre el suelo y amortiguando la energía de las gotas. La intercepción varía dependiendo del tipo de vegetación y la intensidad de la lluvia de acuerdo a la siguiente expresión:

$$IC = Lluvia \cdot CF$$

Donde:

CF = Porcentaje de área cubierta por el follaje.

Retención del agua

La retención de agua en el follaje demora o modifica el ciclo hidrológico en el momento de una lluvia. Este fenómeno disminuye el flujo de agua de escorrentía, disminuyendo su poder erosivo pero puede aumentar el flujo de infiltración. La retención de agua en el follaje depende del tipo de vegetación, sus características y la intensidad de la lluvia.

Evapotranspiración

Las raíces absorben humedad del suelo, la cual es transmitida a la atmósfera por evapotranspiración. La evapotranspiración incluye el efecto combinado de evaporación de la humedad de la corteza terrestre por extracción, a través de las raíces y la transpiración por el follaje.

Su efecto es una disminución de la humedad en el suelo. Cada tipo de vegetación en un determinado tipo de suelo, tiene un determinado potencial de evapotranspiración y se obtiene generalmente, una humedad de equilibrio dependiendo de la disponibilidad de agua lluvia y nivel freático.

La clave desde el punto de vista de ingeniería es determinar la humedad máxima y el nivel freático crítico para un talud determinado, teniendo en cuenta el efecto de la vegetación.

El balance de la infiltración y la evapotranspiración produce una determinada humedad, la cual debe compararse con la humedad requerida para saturación. Debe tenerse en cuenta que en un suelo al saturarse, se disminuyen las fuerzas de succión o presiones negativas de agua de poros, las cuales ayudan a la estabilidad. En ocasiones la vegetación produce un efecto de mantener la humedad por debajo del límite de saturación, mejorando la estabilidad de las laderas (Suarez, 2001).

El efecto de evapotranspiración de la vegetación puede expresarse por medio de la relación:

$$Re = \frac{Et}{Eo}$$

Donde:

Et = Flujo de evapotranspiración de la vegetación

Eo = Flujo de evaporación del agua libre.

Acumulación de agua

El agua acumulada en el follaje retrasa el flujo y disminuye el potencial de avenidas torrenciales. La cantidad de lluvia acumulada por la vegetación depende especialmente de la densidad interna del follaje medida por el total de área de hojas por área nominal. Generalmente el volumen de agua acumulada llega a un máximo y a partir de ese momento el follaje no tiene capacidad para acumular más agua. En lluvias intensas el porcentaje acumulado es relativamente pequeño comparado con el volumen total de la lluvia pero en lluvias cortas de poca intensidad este porcentaje puede ser alto (Suarez, 2001).

Drenaje por el follaje

Parcialmente la lluvia interceptada es transportada hasta el suelo por el follaje especialmente en los pastos de hoja ancha. El agua interceptada se transporta a lo largo de las hojas concentrándose en el pie de la planta. Para que este flujo ocurra se requiere que las hojas tengan una pendiente entre 30° y 70° situación muy común en los pastos de alturas medianas. Se deben esperar grandes caudales de drenaje por el follaje en las plantas con una arquitectura de follaje con hojas que parten directamente desde el pie de la planta. Este drenaje disminuye la energía de impacto de la lluvia sobre el suelo, disminuyendo la erosión. Las plantas altas y los pastos de hoja muy delgada tienen una menor capacidad de drenaje por el follaje (Suarez, 2001).

Goteo por las hojas

Parte del agua lluvia interceptada por la vegetación cae nuevamente al suelo en forma de gotas desde las hojas. El agua se acumula parcialmente, se forman gotas de mayor tamaño y éstas caen en un esquema de lluvia debajo de las plantas, la cual puede durar un tiempo importante después de la lluvia. El tamaño de estas gotas varía entre 4 y 7 mm y es sensiblemente superior a la de una lluvia directa (0,5 a 5 mm). Al ser las gotas de mayor tamaño el impacto sobre el suelo es mayor y se pueden producir volúmenes importantes de erosión ocasionados por este goteo. La energía de las gotas

depende de la altura de la vegetación y del tamaño de las gotas, y el tamaño de la gota depende del tipo de especie vegetal, especialmente de las características de las hojas (Suarez, 2001).

Aumento de la infiltración

Al disminuirse la velocidad del agua por acción de la vegetación se aumenta la retención del flujo y la infiltración. Cuando el agua de la lluvia alcanza el suelo y existe vegetación, las posibilidades de infiltración son mayores que cuando el suelo está desnudo. La materia orgánica, las raíces, las lombrices, las termitas y el alto nivel de actividad biológica que se presenta junto a las plantas ayuda a crear un sistema continuo de poros y por lo tanto una mayor conductividad, es ésta tal vez la principal forma de disminución de la escorrentía durante una lluvia por acción de la vegetación.

b.2) Efectos hidráulicos

La velocidad de la escorrentía depende en buena parte de la rugosidad del terreno y la vegetación aumenta considerablemente esta rugosidad. Al aumentar la rugosidad disminuyen las velocidades y en esa forma disminuye la erosión. La rugosidad depende además de la morfología de la planta y de la densidad del follaje junto a la superficie del terreno. Se pueden presentar grandes reducciones de velocidad de flujo utilizando una cobertura densa y espacialmente uniforme.

b.3) Efectos de refuerzo del suelo

- Las raíces y el follaje aíslan el suelo de las fuerzas de tracción directa ocasionadas por el flujo del agua de escorrentía.
- Las raíces refuerzan el suelo aumentando la resistencia al corte (Fricción y Cohesión) y la resistencia a las fuerzas de erosión.
- Las raíces forman una red densa entretejida en los primeros 30 a 50 centímetros de suelo, y esta red forma una membrana lateral que tiende a reforzar la masa de suelo más superficial y sostenerla en el sitio (Suarez, 2001).

c) **Proceso de Revegetación de Coberturas de Relaves y Rocas de Desmonte**

Durante el proceso de revegetación de canchas de relave y rocas de desmonte se debe tener en cuenta las siguientes actividades (Wilson, 2007):

c.1) **Determinación del Uso de la Tierra**

Una de las primeras etapas para realizar la revegetación de un área afectada por las actividades mineras es tener presente el uso que tenían las tierras antes y determinar el uso que tendrá la tierra al finalizar dichas actividades. Todas las áreas afectadas por la minería deben restaurarse oportunamente, de manera que mantengan algunos de los usos que tenían antes del inicio de la actividad minera, o un uso alternativo similar o mejor al que tenían antes. La definición del uso de la tierra dictara el tipo de revegetación, así como las prácticas de revegetación específicas.

Retiro, almacenamiento y mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo superficial (topsoil) a ser utilizado en la revegetación de coberturas de rocas de desmonte y relave.

El retiro de la capa superficial de suelo y almacenamiento deben efectuarse con cuidado, especialmente con la capa de tierra vegetal para evitar su deterioro por compactación y de esta manera preservar la estructura del suelo, evitar la muerte de microorganismos aerobios, riesgo de contaminación por sustancias ácidas o tóxicas, alteración del ciclo normal de los compuestos nitrogenados, riesgo de erosión hídrica o eólica.

Como medidas básicas para prevenir esta compactación, se aconsejan las siguientes prácticas:

- Manipular la tierra cuando este seca o cuando el contenido de humedad sea menor de 75%, de acuerdo al tipo de suelo si es arcilloso y está muy húmedo es demasiado difícil de poder trabajar por que se pega a las herramientas
- Evitar el paso reiterado de maquinaria sobre ella

- Depositar estos materiales en capas delgadas evitando la formación de grandes montones ($h < 3m$). La altura de los mismos, así como el periodo de tiempo que pueden permanecer acopiados, depende de la textura

Solo debe apilar cuando sea impracticable una recuperación progresiva del terreno que permita transferirlas continuamente desde su posición original a la recuperación o tratamiento de un área en proceso de cierre. Este tipo de restauración progresiva es beneficiosa tanto desde un punto de vista económico como biológico, ya que por un lado evita el incremento del costo que supone mover dos veces el mismo material y por otro reduce el riesgo de deterioro de las propiedades edáficas.

En caso de almacenamiento los materiales deben ser protegidos del viento y de la erosión hídrica, de la compactación y de contaminantes que alteren su capacidad para sostener vegetación. Los suelos ligeramente arenosos sufrirán menos peligro en el apilamiento que los suelos arcillosos.

Estudiar los posibles sitios donde se debe ubicar el acopio y proceder a su selección, teniendo en cuenta: el relieve, la longitud de la pendiente, inclinación, condiciones de drenaje superficial e interno, riesgo de inundación y susceptibilidad a deslizamientos

Si los montones acopiados no son utilizados para la rehabilitación del suelo en un periodo corto de tiempo (menos de 1 año) puede ser aconsejable sembrar dicha superficie (restauración temporal) con una mezcla de semillas, mayoritariamente de leguminosas, y añadir paja para mantener la estructura de los montones, evitar la reducción de oxígeno y cambios adversos de la fertilidad y protegerlos contra la erosión hídrica, eólica y contaminación.

c.2) Extendido del suelo superficial antes de la revegetación

El extendido de este material debe realizarse sobre el terreno ya remodelado, con los cuidados del caso para evitar una mínima compactación.

El material recolocado deberá adoptar una morfología similar a la original. El extendido debe efectuarse de forma que se consiga un espesor aproximadamente uniforme en concordancia con el uso posterior del terreno, la pendiente, la red de drenaje. Debe evitarse el paso de maquinaria pesada sobre el material extendido.

c.3) Mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo a ser utilizado en la revegetación

Recuperación de propiedades físicas

Los suelos superficiales compactados (particularmente los materiales arcillosos) aumentan su densidad, que puede restringir el crecimiento de las raíces y reducir el movimiento del aire y agua. Las densidades de suelo que son limitantes en el crecimiento de las plantas, depende de la textura. Normalmente el crecimiento de las raíces está limitado cuando la densidad del suelo llega a ser mayor de $1,5 \text{ g/cm}^3$ en densidades por encima de $1,7 \text{ g/cm}^3$ son las restrictivas.

Para realizar un proceso de revegetación de coberturas de relaves y rocas de desmonte es necesario mejorar en primer lugar las condiciones físicas del suelo: estabilidad, aireación, infiltración y retención de humedad, para lo cual es común el uso de materiales orgánicos de la zona como musgo (turba), estiércoles, e compost. La adición de materia orgánica a los suelos incrementará la infiltración, el drenaje y la aeración y reducirá el efecto de encostramiento de la superficie de los suelos que es beneficiosa para establecer el contacto semilla-suelo para una apropiada germinación.

La erosión de las tierras disturbadas ubicadas en laderas, especialmente, durante los primeros años siguientes a la revegetación puede ser un factor primordial que limite el éxito de la restauración. Hay dos formas de erosión como resultado de la escorrentía. La primera; erosión laminar, originada por la dispersión de gotas de lluvia y el movimiento del agua en capas poco profundas y; la erosión en surcos o cárcavas, resultado de un flujo de agua canalizado hacia cursos de agua definidos. El

control de la erosión durante la fase de revegetación podría ser el periodo más crítico para asegurar el éxito de la restauración.

Cuando se extienda el suelo superficial se debe tratar de nivelar el terreno de tal manera que haya una adecuada evacuación de agua, así como el control de la erosión y sedimentación, lo cual se logra con un 10% de pendiente (Wilson, 2007).

Corrección del pH del suelo mediante el encalado

Se debe corregir la reacción del suelo, en el caso de que el suelo sea fuertemente ácido (pH menor de 5,5) mediante la aplicación de enmiendas calcáreas (caliza, dolomita) con la finalidad de favorecer el crecimiento de las plantas y de los microorganismos los cuales necesitan de calcio; además también es importante para neutralizar algunos elementos potencialmente tóxicos que podrían ser absorbidos por las plantas en suelos ácidos y se podrían bioacumular en el follaje de los pastos con los riesgos potenciales que esto representa para la alimentación animal.

Para determinar los requerimientos de encalado del suelo superficial a ser utilizado en programas de revegetación se debe tener en cuenta la textura, la cantidad de materia orgánica del suelo, la capacidad de intercambio catiónico y el pH inicial del suelo.

De acuerdo a las experiencias en el Perú, se ha determinado que las cantidades que se recomiendan para el encalado de este tipo de suelo varía de 1 a 3 toneladas de caliza/hectárea, lográndose con esta práctica elevar el pH a valores superiores a 5,5 (Wilson, 2007).

La utilización de enmiendas eleva los costos de instalación, pues se requiere de grandes cantidades. Por ello se recomienda reemplazar estos abonos por productos de efecto similar, pero a costos más bajos, tal es el caso del compost o tierra negra de buena calidad de zonas próximas al lugar.

Mejoramiento de la fertilidad del suelo y disponibilidad de nutrientes

El material recuperado de la capa superficial del suelo, (topsoil) que será utilizado para la revegetación de coberturas debe muestrearse para caracterizar las principales propiedades físicas y químicas. El muestreo y análisis de estos materiales debe realizarse en los seis meses previos a la siembra de vegetación. El número de muestras colectadas y la profundidad del muestreo debe ser el apropiado para representar el material muestreado. Esto variará dependiendo de la complejidad y variabilidad del material. El muestreo del suelo puede realizarse siguiendo el método sistémico al azar.

El material de la capa superficial debe muestrearse después de la redistribución o extensión sobre la superficie para registrar los cambios que hayan ocurrido mientras la capa superficial estuvo almacenada, debe muestrearse a una profundidad en la que se espera ocurra la mayor parte de penetración de raíces.

En los materiales de la capa superficial deben analizarse los siguientes parámetros: pH, porcentaje de materia orgánica, conductividad eléctrica, tasa de adsorción de sodio (si se sospecha que existe el problema), análisis de tamaño de partículas, nitrógeno-nitrato, fósforo y potasio disponibles para la planta. Si se sospecha que la concentración de otros metales es elevada, éstos también deben ser analizados.

Mejoramiento de las propiedades biológicas del suelo

La mejor manera para restablecer una comunidad microbiana en el suelo es aplicar una capa superficial de suelo al sitio disturbado que contenga una población viable y diversa de microbios. Tierra fresca sacada justo antes de la siembra. Otras fuentes microbianas incluyen el estiércol o el compost que podrían ser aplicado para proporcionar un inóculo del cual se puede originar una población microbiana.

También se podría utilizar el follaje de especies forestales como fuente de abono directo por e.g., el aliso (*Alnus jorullensis*), por ser la especie altoandinas cuyo follaje es empleado como abono y como fuente de tierra compostada (Reynel y Felipe

Morales, 1987). Además este árbol “aliso”, fertiliza los pastos con el nitrógeno que proporcionan la simbiosis radicular con el actinomiceto del género *Frankia*. Otras especies adecuadas para la producción de abono en los bosquetes son: “quisuar” (*Buddleja incana*), “colle” (*Buddleja coriacea*), “quinual” (*Polilepys incana*), “molle” (*Schinus molle*).

c.4) Selección de Especies de Plantas

La distribución natural de las plantas se controla principalmente por el clima y, secundariamente, por los factores del suelo. Los factores limitantes que controlan la distribución de las plantas se acentúan en climas secos o fríos donde la variabilidad estacional de temperatura y humedad es más crítica, como ocurre en las zonas altoandinas.

En la siguiente tabla se indican las consideraciones generales que limitan de manera frecuente el crecimiento de las plantas en los programas de revegetación de coberturas de relaves.

Tabla 02: Consideraciones para la Selección de especies de plantas

Condiciones Primarias	Tipo de Planta
Tipo de Residuo	
Metales tóxicos en alta concentración	Plantas tolerantes a los metales Por ejemplo Senecio en las zonas altoandinas. Colonizadores naturales de áreas mineralizas.
Acidez y alcalinidad extrema	Colonizadores naturales de estos medios
Deficiencias de nutrientes	Leguminosas u otras plantas fijadoras de nitrógeno e.g., Aliso, tarhui
Clima	
Fríos extremos con un periodo de corto crecimiento	Especies nativas o introducidas de rápido crecimiento (tréboles, festucas)

« Continuación »

Condiciones Primarias	Tipo de Planta
Condiciones áridas o semiáridas	Especies nativas o introducidas de lento crecimiento
Condiciones templadas	Especies agrícolas o forestales dependiendo del tipo de rehabilitación
Uso del suelo	
Para rápida estabilización y alta productividad	Especies agrícolas (avena forrajera)
Para vida silvestre	Variedades de especies nativas, que provean semilla, fruta, y espacios de protección y anidación
Para espacios de recreación	Especies resistentes a la intervención antrópica

FUENTE: Guía para el diseño de coberturas de depósitos de residuos mineros (Wilson, 2007)

De acuerdo a las experiencias realizadas en el Perú, para la revegetación de coberturas de relaves en las zonas altoandinas se indica que las especies vegetales a ser empleadas deben ser de preferencia especies herbáceas y en segundo caso arbustivas. Inclusive en el caso de las especies herbáceas se debe procurar no utilizar aquellas que tengan raíces profundas como el caso de la alfalfa (*Medicago sativa*) según Florez y Malpartida (1987).

Las características que debe reunir una buena planta forrajera son: apetecibilidad, contenido alimenticio y digestibilidad, inocuidad, alto rendimiento perenne y rústica. De estas características, las dos primeras están estrechamente relacionadas al objetivo de conseguir una adecuada alimentación del ganado. Las otras características si corresponden en cambio, a los objetivos que se pretenden conseguir en una revegetación.

En las áreas de relaves que han sido revegetadas con pastos si es posible la introducción del ganado para una fase posterior. Este aprovechamiento no es riesgoso

si las áreas revegetadas tienen buen manejo y sobre todo si estas se han establecido sobre una geomembrana (Valdivia, H., 2000).

Requerimientos de Suelo

En primer lugar hay que tener en cuenta las características del suelo desde el punto de vista físico como son la pendiente, la profundidad, la pedregosidad superficial y la capacidad de retención de humedad. Luego se deben considerar las propiedades químicas tales como pH, disponibilidad de nutrientes, cantidad de materia orgánica, etc. Los cuales representan los principales parámetros que determinan el adecuado crecimiento de las plantas, la selección del método de siembra o plantación.

En el anexo 1, se presenta la tabla 26 indicando las características de suelo más importantes que deben tenerse en cuenta para la instalación de plantas en las coberturas de relaves y rocas de desmonte

La profundidad del suelo se califica considerando los siguientes términos: “escasa” cuando es menor de 15 cm; “media” de 15 a 40 cm, “alta” cuando es mayor de 40 cm.

La pedregosidad superficial es otro problema común en los suelos superficiales destinados a revegetación y se califica indicando “baja” menos de 10%; “media” de 10 a 60% y “alta” cuando ocupa más del 60% de la superficie.

Requerimientos Climáticos

El clima es el factor más determinante para la selección de las especies de plantas que se van a seleccionar para la revegetación de coberturas de relaves y rocas de desmonte, considerando que las actividades mineras están ubicadas principalmente en las zonas altas de los andes, donde el clima es generalmente frígido a templado frío, con un régimen de distribución de lluvias escasas e irregulares, y con cierta frecuencia de sequías y heladas, representa en muchos casos el factor más limitante.

Se denomina helada a un evento climático que ocurre cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno disminuye a 0°C o menos, durante un tiempo mayor a cuatro horas. Generalmente la helada se presenta en la madrugada o cuando está saliendo el Sol

La severidad de una helada depende de la disminución de la temperatura del aire y de la resistencia de los seres vivos a ella.

La calificación de resistencia de las plantas a las heladas con el término “soporta” heladas significa que las especies pueden sobrevivir hasta 30 días de helada/año

La calificación de la resistencia a heladas con el término “eventual” significa que las especies pueden soportar hasta 15 días de heladas por año.

El requerimiento de agua se califica como “Bajo” y es tolerante a la sequía cuando crece con 200 mm de precipitación anual “medio” cuando crece con una precipitación entre 200 y 800 mm y “alto” cuando el requerimiento es mayor de 800 mm (sensible a la sequía).

En el anexo 1, se presenta la tabla 27 indicando las principales limitaciones climáticas para plantas que se utilizan en la revegetación de coberturas de relaves y rocas de desmonte.

Principales Métodos de Propagación

La propagación de los pastos locales nativos de zonas altoandinas (Ichu, chillihua, Calamagrostis, poas, etc) tienen semillas botánicas de muy bajo poder germinativo y viabilidad muy baja, por lo cual el principal método de propagación es mediante esquejes o hijuelos, generalmente enraizados, que se sacan de plantas madres que se encuentran bien conformadas. Entonces se siembran mediante el transplante de estos esquejes al inicio de las lluvias y generalmente utilizando prácticas de conservación de suelos como zanjas de infiltración. (Flores, 2004; Salaverry, 1995)

En cambio los pastos cultivados que han sido introducidos de otras zonas e incluso de otros países (Ray grass, Dactilis, tréboles, etc.) pero que han demostrado una buena adaptación para las zonas altoandinas se propagan principalmente utilizando semilla botánica, de muy buen poder de germinación y viabilidad, por lo cual se siembran generalmente de manera directa: al voleo, en hileras o mediante hidrosiembra.

c.5) Métodos de Plantación

Existen las siguientes formas de realizar la siembra de pastos en coberturas de depósitos de relaves o rocas

- Siembra directa en hileras
- Siembra directa al voleo
- Siembra directa – hidrosiembra para taludes
- Transplante: Siembra indirecta utilizando esquejes o hijuelos enraizados de pastos

Tabla 03: Limitaciones para Siembra de Pastos con Diferentes Sistemas de Plantación en Hileras, al Voleo e Hidrosiembra

Factor	Siembra en hileras	Siembra al Voleo	Hidrosiembra
Pendiente	<15°	No se puede actuar en pendientes mayores de 20°	Con manguera se puede alcanzar 50 m y con brazo mecánico extensible hasta 500m
Precipitación	Importante	Crítica	
Pedregosidad o afloramientos rocosos	Libre de rocas y piedras	Crítica, fisuras y grietas en las rocas y piedras permiten que las semillas se introduzcan y puedan encontrar mejores condiciones micro climáticas para germinar	

« Continuación »

Factor	Siembra en hileras	Siembra al Voleo	Hidrosiembra
Compactación	Ligeramente aceptable	Inaceptable	
Densidad de semillas	Bajas densidades	Altas densidades	
Distribución de las semillas	Uniforme en hileras	Aleatoria	
Establecimiento de las semillas	Muy efectiva	Resultados variables	
Fertilización	Operación separada de la siembra		Se puede efectuar en la misma operación, pero no se realiza a profundidad
Paja	No es necesario	Necesario (operación diferente)	Necesario, se puede efectuar en una misma operación
Equipamiento	Tradicional	Método manual	Equipo especial
Costo	Bajo	Muy barato	Caro

FUENTE: (Copping y Bradshaw, 1982)

Siembra Directa: Dosis de Siembra y Semilla de Pastos

La siembra al voleo, esparciendo la semilla uniformemente a lo largo de una determinada superficie, se suele utilizar solamente cuando se dispone de suficiente cantidad de semilla de buena calidad y el terreno esta humedecido por las lluvias primaverales de octubre a diciembre. Se puede utilizar desde 20 a 50 kg de semilla/ha de gramíneas las cuales se pueden mezclar con 2 Kg de semilla de tréboles (Wilson, 2007).

La siembra en líneas o surcos se construyen siguiendo el contorno del terreno y se colocan las semillas en el fondo del surco o línea, apisonado ligeramente en el suelo húmedo. La cantidad de semilla necesaria por este método es menor (15 a 20 kg/ha).

La hidrosiembra es una forma de sembrado al voleo en la cual la semilla se dispersa en agua a presión. Si se utiliza esta técnica, la semilla no debería combinarse con "hidromulch" o cualquier otro tipo de adherente ya que la semilla será dispersada sobre el suelo y se secará cuando el "mulch" o adherente se seque (MINEM, 2016).

Cuando se compra semilla, es importante que el depósito que la contiene tenga escrito en la etiqueta el origen, el porcentaje de germinación, la fecha de la prueba de germinación, el porcentaje de semilla pura (por peso). La certificación es la única garantía para el consumidor de que la semilla adquirida es de buena calidad. Sin esta información, no es posible determinar el porcentaje exacto en el cual la semilla viable está siendo sembrada (Wilson, 2007).

Siembra Indirecta: Transplante

Los pastos que son de la familia gramínea, particularmente los locales o nativos de las zonas altoandinas se propagan mediante la propagación asexual utilizando esquejes enraizados de plantas madres con las condiciones adecuadas de calidad de praderas altoandinas, principalmente las gramíneas como la *Chillihua* o *Festuca dolichofila*, *Ichu*, *Calamagrostis*, etc. (Ver figura 18 en anexo 1).

En el caso de especies arbustivas o arbóreas de raíces superficiales como el quinual se transplantan utilizando esquejes o plántones enraizados en hoyos bien acondicionados de por lo menos 40 cm. de profundidad adicionándole a cada hoyo estiércol y buena tierra de chacra. Se pueden sembrar siguiendo curvas a nivel para formar barreras vivas que controlen bien la erosión, o a mayor densidad en la parte alta de algunos taludes para formar bosquetes o macizos forestales (Wilson, 2007).

d) Manejo y monitoreo de las tierras revegetadas

El manejo apropiado de un sitio revegetado es crítico debido a su sostenibilidad a largo plazo (durante por lo menos 4 años). Junto con el muestreo de vegetación, debe hacerse observaciones de pérdida de suelo debido a la erosión eólica e hídrica. La presencia de cárcavas debería resultar en acciones específicas que prevendrán nuevas cárcavas y promoverán la estabilidad del sitio. Si la erosión no se controla, la vegetación establecida no será exitosa, se perderá el costo inicial de la rehabilitación y el sitio perturbado requerirá un nuevo tratamiento.

Si el terreno de sitio restaurado se utilizará para el pastoreo, esta actividad no se debe permitir por lo menos hasta cinco años después de realizada la revegetación. Si la tierra es utilizada para cultivos, las plantaciones anuales y las aplicaciones anuales de fertilizantes son una parte principal del plan de manejo de un sitio (Wilson, 2007).

2.1.7. Fitorremediación o fitorrecuperación

La Fitorremediación o Fitorrecuperación es una técnica emergente que utiliza la capacidad de ciertas especies vegetales para sobrevivir en ambientes contaminados con metales pesados y sustancias orgánicas y a la vez extraer, acumular, inmovilizar o transformar estos contaminantes del suelo. Las plantas utilizadas en la fitorrecuperación presentan mecanismos constitutivos y adaptados para tolerar o acumular un elevado contenido de metales en su rizosfera y en sus tejidos. El éxito de este tratamiento está controlado por la selección de las especies vegetales adecuadas para recuperar un suelo determinado, así como de la cuidadosa selección de enmiendas (materia orgánica, agentes quelantes, cal, etc.) que permitan mejorar las propiedades del suelo y fomenten la supervivencia y el crecimiento de las plantas (Clemente et al., 2005).

Las principales modalidades de aplicación son las siguientes:

- Fitoextracción
- Rizofiltración
- Fitoestabilización

- Fitoestimulación
- Fitovolatilización

2.2. Marco Legal para el Cierre de Minas y Cierre de PAMs

En el Perú, existe un antes y un después en materia ambiental e institucional en referencia al cierre de minas y pasivos ambientales mineros, el cual se inicia con la promulgación de la Ley que Regula el Cierre de Minas – Ley N° 28090 y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 033-2005-EM.

En el mismo sentido en relación a los PAMs, el marco jurídico las normas legales de protección ambiental vigentes en el país, se rigen por la Ley N° 28271 que Regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 059-2005-EM modificado por el Decreto Supremo N° 003-2009-EM.

Tabla 04: Normas generales

Norma	Materia que regula
Constitución Política del Perú 1993	Alcance general
Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 (13.10.2005) Modificada por Decreto Legislativo N° 1055 y ley N° 29263	Es la norma ordenadora de la Gestión Ambiental en el Perú y establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente y a sus componentes. Específicamente, el artículo 27° regula que los titulares de todas las actividades económicas deben garantizar que al cierre de actividades o instalaciones no subsistan impactos ambientales negativos de carácter significativo, debiendo considerar tal aspecto al diseñar y aplicar los

« Continuación »

Norma	Materia que regula
	instrumentos de gestión ambiental que les correspondan de conformidad con el marco legal vigente.
Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, Ley N° 28245 (04.06.2004) Modificada por Ley N° 29050	El Sistema Nacional de Gestión Ambiental como sistema funcional integra al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, al Sistema Nacional de Información Ambiental y al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas; así como a la gestión de los recursos naturales, en el ámbito de su competencia, de la biodiversidad, del cambio climático, del manejo de los suelos y de los demás ámbitos temáticos que se establecen por ley.
Reglamento de la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental–SNGA, Decreto Supremo N° 008-2005-PCM (28.01.2005)	Regula que todo proyecto de inversión que implique actividades, construcciones y obras que puedan causar impactos ambientales negativos significativos, está sujeto al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental–SEIA.
Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, Ley N° 29325 (05.03.2009)	El sistema de Fiscalización tiene por finalidad asegurar el cumplimiento de la legislación ambiental por parte de todas las personas naturales o jurídicas, así como supervisar y garantizar que las funciones de evaluación, supervisión y fiscalización, control y potestad sancionadora en materia ambiental, a cargo de las diversas entidades del Estado, se realicen de forma independiente, imparcial, ágil y eficiente.
Ley Marco para el crecimiento de la Inversión Privada, Decreto Legislativo N° 757 y modificatorias (13.11.1991)	La norma establece (artículos 50° y 51°) que la autoridad sectorial competente determinará las actividades que por su riesgo ambiental pudieran exceder de los niveles estándares tolerables de contaminación o deterioro del ambiente, de tal modo que requerirán necesariamente la

« Continuación »

Norma	Materia que regula
	elaboración de estudios de impacto ambiental, previo al desarrollo de dichas actividades.
Código Penal– Título XIII: Delitos Ambientales. Decreto Legislativo N° 635	El Capítulo Único del Título XIII del Código Penal, modificado por la Ley N° 29263, regula los denominados Delitos Ambientales. El Código Penal establece responsabilidad penal para quien, violando las normas de protección ambiental, contamina el ambiente.

FUENTE: Elaboración propia.

2.2.1. Normas de calidad ambiental y salud

El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y el Límite Máximo Permisible (LMP) son instrumentos de gestión ambiental que consisten en parámetros y obligaciones que buscan regular y proteger la salud pública y la calidad ambiental, permitiéndole a la autoridad ambiental desarrollar acciones de control, seguimiento y fiscalización. Entre las principales normas sobre salud y calidad ambiental se tienen:

Tabla 05: Normas de calidad ambiental y salud

Norma	Materia que regula
Ley General de Salud Ley N° 26842 (20.07.1997) Modificada por Ley N° 27604, Ley N° 27853, Ley N° 27222, Ley N° 29316 y Ley N° 27932	Regula que la protección del medio ambiente es responsabilidad del Estado, y de las personas naturales y jurídicas, teniendo como obligación mantenerlo dentro de los estándares establecidos por la autoridad de salud, para preservar la salud de las personas.
Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua - Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM (31.07.2008)	Establece el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas

« Continuación »

Norma	Materia que regula
	acuáticos que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.
<p>Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación</p> <p>Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM (19.12.2015)</p>	<p>Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son de cumplimiento obligatorio en la determinación de los usos de los cuerpos de agua, atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, y en el diseño de normas legales y políticas públicas</p>
<p>Disposiciones para la implementación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua -</p> <p>Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM (19.12.2009)</p>	<p>Para la implementación de los ECA de agua, se debe considerar las siguientes categorías:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Categoría 1. Poblacional y recreacional - Categoría 2. Actividad marino-costera - Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales - Categoría 4. Conservación del ambiente acuático.
<p>Reglamento de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire-</p> <p>Decreto Supremo N° 074-2001-PCM (22.06.2001)</p>	<p>Regula los niveles de concentración máxima de contaminantes del aire que en su condición de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar riesgo a la salud humana. Los estándares de calidad de aire del presente Decreto Supremo consideran los siguientes parámetros: dióxido de azufre, material particulado, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, ozono y plomo.</p>
<p>Estándares de Calidad Ambiental para Aire -</p> <p>Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM (21.08.2008)</p>	<p>Aprueba los Estándares de Calidad Ambiental de Aire para el dióxido de azufre (SO₂), así como benceno, hidrocarburos totales (TPH), material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM_{2,5}) e hidrógeno sulfurado (H₂S).</p>

« Continuación »

Norma	Materia que regula
<p>Establecen valor anual de concentración de plomo Decreto Supremo N° 069-2003-PCM (15.07.2003)</p>	<p>Adiciona al Anexo 1 del Decreto Supremo N° 074-2001-PCM el valor anual de concentración de plomo, expresado en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), quedando el estándar para este contaminantes en 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ anual.</p>
<p>Aprueban Disposiciones Complementarias para la aplicación del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de Aire Decreto Supremo N° 006-2013-MINAM (19.06..2013)</p>	<p>En aquellas ciudades o zonas en las que el Ministerio del Ambiente establezca que, como resultado de los monitoreos ambientales continuos y representativos de los últimos doce meses anteriores al 01 de enero de 2014, registren valores diarios superiores a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de dióxido de azufre (SO_2) en el aire, se deberán considerar dentro de los Planes de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire de sus cuencas atmosféricas las acciones, metas, plazos y mecanismos de adecuación que se requieran para lograr que dichas concentraciones se reduzcan de manera gradual y progresiva.</p>
<p>Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental para Ruido - Decreto Supremo N° 085-2003-PCM (30.10.2003)</p>	<p>Establece los estándares primarios de calidad ambiental para ruido en el ambiente exterior, los mismos que no deben excederse a fin de proteger la salud humana. Dichos estándares consideran como parámetro el nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A (L_{Aeqt}), y consideran las zonas de aplicación y los horarios.</p>
<p>Estándares de Calidad Ambiental para Suelo- Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM (25.03.2013)</p>	<p>Son aplicables a todo proyecto y actividad, y cuyo desarrollo dentro del territorio nacional genere o pueda generar riesgos de contaminación del suelo en su emplazamiento y áreas de influencia.</p>
<p>Aprueban disposiciones complementarias para la aplicación de los Estándares</p>	<p>Los ECA para suelo se aplican a todo proyecto de inversión cuyo desarrollo dentro del territorio nacional</p>

« Continuación »

Norma	Materia que regula
de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo Decreto Supremo N.º 002-2014-MINAM (24.03.2014)	genere o pueda generar riesgos de contaminación del suelo en su emplazamiento y áreas de influencia. Se sujetan a tres fases: identificación, caracterización y remediación.
Niveles máximos permisibles de elementos y compuestos presentes en emisiones gaseosas provenientes de las unidades minero-metalúrgicas Resolución Ministerial N° 315-96-EM/VMM (19.07.1996)	Los Niveles Máximos Permisibles de anhídrido sulfuroso, partículas, plomo y arsénico presentes en las emisiones gaseosas provenientes de las unidades metalúrgicas será determinado en el punto o puntos de control, y el ingreso de azufre al proceso será el de la carga del día.
Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Mineros – Metalúrgicas Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM (21.08.2010)	El efluente líquido de actividades minero-metalúrgicas es cualquier flujo regular o estacional de sustancia líquida descargada a los cuerpos receptores.
Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo Ley N° 29783 (20.08.2011)	Tiene como objetivo promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país. Para ello, cuenta con el deber de prevención de los empleadores, el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales, quienes, a través del diálogo social, velan por la promoción, difusión y cumplimiento de la normativa sobre la materia.
Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo Decreto Supremo N° 005-2012-TR (25.04.2012)	Tiene como objetivo promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país, y cuenta con la participación de los trabajadores, empleadores y del

« Continuación »

Norma	Materia que regula
	<p>Estado, quienes a través del diálogo social velarán por la promoción, difusión y cumplimiento de la normativa.</p> <p>Asimismo, es aplicable a todos los sectores económicos, y comprende a la totalidad de los empleadores y trabajadores, bajo el régimen laboral de la actividad privada en el territorio nacional. También explica los pasos para organizar un sistema de gestión de la seguridad y salud en el lugar de trabajo.</p>
<p>Ley General de Residuos Sólidos Ley N° 27314 Modificada por D. Leg. 1065 (20.07.2000) y Ley N° 27353</p>	<p>Establece los derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, de manera sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona.</p>
<p>Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos- Decreto Supremo N° 057-2004-PCM (24.07.2004)</p>	<p>Establece que el generador de residuos del ámbito de gestión no municipal; es decir, aquellos de carácter peligroso y no peligroso generados en las áreas productivas e instalaciones industriales o especiales, deberán ser caracterizados y manejados en forma separada del resto de residuos, almacenados, acondicionados, tratados o dispuestos en forma segura, sanitaria y ambientalmente adecuada, no estando comprendidos en este grupo los similares a los residuos domiciliarios y comerciales generados en dichas actividades.</p>
<p>Ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos- Ley N° 28256 (10.06.2008)</p>	<p>Establece que son materiales y residuos peligrosos aquellas sustancias, elementos, insumos, productos y subproductos, o sus mezclas, en estado sólido, líquido y gaseoso, que por sus características físicas, químicas, toxicológicas, de explosividad o que por su carácter de</p>

« Continuación »

Norma	Materia que regula
	ilícito representan riesgos para la salud de las personas, el medio ambiente y la propiedad.
Reglamento Nacional de Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos- Decreto Supremo N° 021-2008-MTC (10.06.2008)	Establece las normas y procedimientos que regulan las actividades, procesos y operaciones del transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos, con sujeción a los principios de prevención y de protección de las personas, el ambiente y la propiedad.

FUENTE: Elaboración propia.

2.2.2. Marco legal sobre biodiversidad

El Perú ratificó, en 1993, el Convenio sobre la Diversidad Biológica que regula la conservación de la biodiversidad, la utilización sostenible de sus componentes y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su uso. En 1997 se promulga la Ley N° 26821 para la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica y su Reglamento.

Este marco legal plantea la elaboración de estrategias que conduzcan al desarrollo del Perú, mediante políticas económicas que promuevan la conservación y el uso sostenible de los recursos, tanto *in situ* como *ex situ*, reconociendo el valor de los conocimientos y prácticas de las comunidades campesinas y nativas, y promoviendo el desarrollo de la investigación y la generación y transferencia de tecnologías apropiadas.

Tabla 06: Marco legal sobre biodiversidad

Norma	Materia que regula
Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, Ley N° 26821 (07.12.2010)	Establece las condiciones de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, precisando que debe realizarse en forma sostenible. Además dispone que el titular de un proyecto de inversión deba elaborar y cumplir con un Plan de Manejo Ambiental.

« Continuación »

Norma	Materia que regula
Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, Ley N° 26821 (07.12.2010)	Establece las condiciones de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, precisando que debe realizarse en forma sostenible. Además dispone que el titular de un proyecto de inversión deba elaborar y cumplir con un Plan de Manejo Ambiental.
Ley de Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica - Ley N° 26839 (16.07.1997)	La presente Ley norma la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes en concordancia con los artículos 66° y 68° de la <i>Constitución Política del Perú</i> .
Reglamento de la Ley N° 26839 - Decreto Supremo N° 068-2001-PCM (21.06.2001)	La diversidad biológica y sus componentes constituyen recursos estratégicos para el desarrollo del país y deben utilizarse equilibrando las necesidades de conservación con consideraciones sobre inversión y promoción de la actividad privada.
Estrategia Nacional de la Diversidad Biológica del Perú Decreto Supremo N° 102-2001-PCM (05.09.2001)	En el Objetivo Estratégico 2.3 se promueve el uso sostenible de los recursos acuáticos, pesquerías y los cuerpos de agua.
Ley Forestal y de Fauna Silvestre- Ley N° 27308 (15.08.2000)	Define a los recursos forestales, fauna silvestre y servicios ambientales. Además, regula el ordenamiento de la superficie forestal, aprovechamiento de los mismos y de la fauna silvestre, las disposiciones generales aplicables al aprovechamiento de los mismos, su protección, promoción, investigación y financiamiento, control, infracciones y sanciones.
Reglamentos de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre:	Tienen por finalidad promover la conservación, la protección, el incremento, el uso sostenible del patrimonio forestal, integrando su manejo con el mantenimiento y mejora de los servicios de los

« Continuación »

Norma	Materia que regula
<p>Reglamento para la Gestión Forestal, Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI</p> <p>Reglamento para la Gestión de Fauna Silvestre, Decreto Supremo N° 019-2015-MINAGRI</p> <p>Reglamento para la Gestión de Plantaciones Forestales y los Sistemas agroforestales, Decreto Supremo N° 020-2015-MINAGRI</p> <p>Reglamento para la Gestión Forestal y de Fauna Silvestre en Comunidades Nativas y Comunidades Campesinas, Decreto Supremo N° 021-2015-MINAGRI</p>	<p>ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre.</p>
<p>Decreto Supremo que aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas.</p> <p>D.S. N° 004-2014-MINAGRI (08.04.2014)</p>	<p>La norma utiliza un conjunto de criterios relevantes para todas las especies y regiones del mundo, a fin de evaluar el riesgo de extinción de miles de especies y subespecies.</p> <p>La categorización de especies amenazadas consta de: 301 especies (65 mamíferos, 172 aves, 26 reptiles y 38 anfibios).</p> <p>Modifica el Reglamento de la Ley N° 27308 Ley forestal y de fauna silvestre en su artículo 3°: “Especie legalmente protegida: toda especie de la flora o fauna silvestre clasificada en la lista de categorización de especies amenazadas, incluidas las especies categorizadas como casi amenazadas o con datos insuficientes, así como</p>

« Continuación »

Norma	Materia que regula
	aquellas especies consideradas en los convenios internacionales y las especies endémicas”.
Categorización de Especies amenazadas de Flora Silvestre - Decreto Supremo N° 043-2006-AG (13.07.2006)	La <i>Lista Roja de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre</i> elaborada por la Unión Mundial para la Conservación–UICN, es el inventario más completo del estado de conservación de las especies de animales y plantas a nivel mundial, y que por su fuerte base científica es reconocida internacionalmente. Asimismo, utiliza un conjunto de criterios relevantes para todas las especies y regiones del mundo, a fin de evaluar el riesgo de extinción de miles de especies y subespecies. La categorización establecida por esta norma es la siguiente: 404 especies corresponden a las órdenes Pteridofitas, Gimnospermas y Angiospermas; 332 especies pertenecen a la familia Orchidaceae y 41 especies corresponden a la familia Cactaceae, distribuidas en las categorías: En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU) y Casi Amenazado (NT).

FUENTE: Elaboración propia.

2.2.3. Marco legal sobre recursos hídricos

El 14 de junio del 2013 se publicó la Resolución Jefatural N° 250-2013-ANA que aprueba los Términos de Referencia comunes del contenido hídrico para la elaboración de los Estudios Ambientales. En cumplimiento de esta norma se detalla el marco legal referido a los recursos hídricos.

Tabla 07: Marco legal sobre recursos hídricos

Norma	Materia que regula
Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338 (31.03.2009)	La presente Ley tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a esta.
Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos- Ley N° 29338 (24.03.2010)	El Reglamento tiene por objetivo regular el uso y gestión de los recursos hídricos que comprenden al agua continental: superficial y subterránea, y los bienes asociados a esta; asimismo, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión.
Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA (13.01.2016)	El protocolo es de uso obligatorio a nivel nacional para el monitoreo de la calidad ambiental del agua de los cuerpos de agua tanto continentales (ríos, quebradas, lagos, lagunas, entre otras) como marino-costeras (bahías, playas, estuarios, manglares, entre otros)

FUENTE: Elaboración propia.

2.2.4. Marco legal aplicable al sector Energía y Minas

La normatividad descrita a continuación es de aplicación e incidencia directa para el cierre de operaciones mineras, tanto en lo que se refiere a la protección ambiental como a la participación ciudadana.

Tabla 08: Marco legal aplicable al sector Energía y Minas

Norma	Materia que regula
<p>Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería - Decreto Supremo N° 014-92-EM (03.06.1992)</p>	<p>Es la norma principal que rige las actividades mineras, y dentro de su contenido incluye las actividades de prospección, exploración, explotación, procesamiento de minerales, metalurgia extractiva, transporte de minerales y comercialización.</p> <p>Así mismo, el Título XVI, del Medio Ambiente, establece que todas las personas naturales o jurídicas, quienes realicen o deseen realizar actividades de beneficio y/o explotación, requieren aprobación de los proyectos inherentes a la actividad por la autoridad competente.</p>
<p>Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Minero Metalúrgicas – Decreto Supremo N° 016-93-EM (28.04.1993)</p>	<p>Este Reglamento aprobado el 28 de abril del 1993, constituye la norma principal que regula los aspectos ambientales de las actividades minero-metalúrgicas.</p> <p>Mediante esta norma se establecen los procedimientos y pautas necesarias para que las actividades mineras se adecuen a las normas ambientales vigentes en el país y establece los requisitos de operación y las pautas necesarias para que las nuevas operaciones mineras adopten medidas para el control y monitoreo de sus actividades, asegurando así una adecuada protección ambiental.</p> <p>Considera expresamente la posibilidad de depositar relaves en el fondo de cuerpos lacustres o del mar, mediante la tecnología adecuada que garantice la estabilidad física y química de los relaves, para los casos en los que la topografía no permite su disposición en</p>

« Continuación »

Norma	Materia que regula
	superficie o cuando su disposición en superficie representa un mayor riesgo a la población o al ambiente.
Ley que Regula el Cierre de Minas – Ley N° 28090 (14.10.2003)	Tiene por objeto regular las obligaciones y procedimientos que deben cumplir los titulares de la actividad minera para la elaboración, presentación e implementación del Plan de Cierre de Minas y la constitución de las garantías ambientales correspondientes. Define el Plan de Cierre de Minas como un instrumento de gestión ambiental conformado por acciones técnicas y legales, efectuadas por los titulares mineros, destinadas a establecer medidas que deben adoptar a fin de rehabilitar el área utilizada o perturbada por la actividad minera, las cuales deberán llevarse a cabo, antes, durante y después del cierre de operaciones. Establece que compete al Ministerio de Energía y Minas aprobar los planes de cierre, así como la fiscalización y control de las obligaciones asumidas en dichos planes e imponer, cuando sea el caso, sanciones administrativas.
Reglamento para el Cierre de Minas – Decreto Supremo N° 033-2005-EM (16.08.2005)	Reglamenta la Ley que regula el Cierre de Minas y tiene por objeto la prevención, minimización y el control de los riesgos y efectos sobre la salud, la seguridad de las personas, el ambiente, el ecosistema circundante y la propiedad, que pudieran derivarse del cese de las operaciones de una unidad minera. Establece que el Plan de Cierre de Minas deberá ser elaborado a nivel de factibilidad, deberá incluir las medidas y presupuesto necesarios para rehabilitar el lugar en el que han desarrollado las actividades mineras, asegurar la estabilidad física y química de los residuos y

« Continuación »

Norma	Materia que regula
	componentes mineros susceptibles de generar impactos negativos.
<p>Modificación del Reglamento para el Cierre de Minas – Decreto Supremo N° 035-2006-EM (05.07.2006)</p>	<p>Modifica el artículo 8° del Reglamento para el Cierre de Minas, estableciendo que el Plan de Cierre de Minas es una obligación exigible a todo titular que se encuentre en operación, que inicie operaciones mineras o las reinicie después de haberlas suspendido o paralizado antes de la vigencia de la Ley, y no cuenten con un Plan de Cierre de Minas aprobado, siendo también exigibles al titular de actividad minera que realice exploración minera con labores subterráneas que impliquen la remoción de más de diez mil (10 000) toneladas de material.</p> <p>Asimismo, establece que todo titular de actividad minera es responsable del cierre de las áreas, labores e instalaciones comprendidas en su operación minera, aun cuando estas se encuentren en posesión de terceros.</p>
<p>Modifican Artículos del Reglamento de la Ley de Cierre de Minas, Decreto Supremo N° 045-2006-EM (14.08.2006)</p>	<p>Modifica el artículo 8° y 51° del Reglamento para el Cierre de Minas. La presentación de este instrumento ambiental es una obligación exigible a todo titular de actividad minera, que se encuentre en operación sea en la fase de desarrollo minero o de producción, que inicie operaciones mineras o las reinicie después de haberlas suspendido o paralizado antes de la vigencia de Ley, y no cuente con un Plan de Cierre de Minas aprobado.</p>
<p>Ley que regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera - Ley N° 28271 (06.07.2004)</p>	<p>Tiene por objeto regular la identificación de los pasivos ambientales de la actividad minera, la responsabilidad y el financiamiento para la remediación de las áreas afectadas por estos, destinados a su reducción y/o eliminación, con la finalidad de mitigar sus impactos</p>

« Continuación »

Norma	Materia que regula
	<p>negativos a la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad.</p> <p>Establece la obligación de los titulares mineros con pasivos ambientales definidos en sus concesiones de celebrar contratos de remediación ambiental con el MEM a través de la DGAA, así mismo el titular minero tiene la obligación de presentar un Plan de Cierre de los Pasivos Ambientales.</p>
<p>Ley que Modifica los Artículos 5°, 6°, 7° y 8° de la Ley que Regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera - Ley N° 28525 (29.04.2005)</p>	<p>Enfatiza que el Estado solo asumirá la remediación de aquellos pasivos cuyos responsables no puedan ser identificados. En el caso que el titular de una concesión vigente la perdiera por cualquier causal establecida en la Ley General de Minería, se mantendrá la responsabilidad por los pasivos ambientales ubicados dentro de la concesión.</p>
<p>Decreto Legislativo N° 1042, que Modifica y Adiciona Diversos Artículos a la Ley N° 28271 (25.06.2008)</p>	<p>Se sustituyen los artículos 5, Atribución de responsabilidades; el artículo 9, Fuentes de Financiamiento y la Primera Disposición Complementaria y Final, referidos a obligaciones del Estado.</p> <p>Se adicionan los artículos 10, Reutilización de los Pasivos Ambientales Mineros; artículo 11°, Reaprovechamiento de Pasivos Ambientales Mineros; artículo 12°, Derecho de repetición y responsabilidad en la reutilización y reaprovechamiento y una Cuarta y Quinta Disposiciones Complementarias y Finales, referidos a incentivos para la remediación y el Uso alternativo de los pasivos ambientales mineros respectivamente, a la Ley N° 28271 – Ley que regula los pasivos ambientales en la actividad minera, con la finalidad de posibilitar una mayor variedad de</p>

« Continuación »

Norma	Materia que regula
	modalidades de participación de terceros en la remediación de pasivos ambientales, estableciendo incentivos para su identificación y remediación, permitiendo su reutilización, reaprovechamiento, uso alternativo o turístico entre otros.
Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera - Decreto Supremo N° 059-2005-EM (07.12.2005)	<p>Precisa los alcances de la Ley N° 28271 que regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera. Establece los mecanismos que aseguran la identificación de los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera, la responsabilidad y el financiamiento para la remediación de las áreas afectada, para mitigar los impactos negativos tanto en la salud de la población como al ecosistema circundante y a la propiedad.</p> <p>Se señala que la persona o entidad que haya generado los pasivos ambientales es responsable de su remediación en el marco de lo establecido y está obligada a presentar un Plan de Cierre ante el Ministerio de Energía y Minas en aquellos casos de reinicio de operaciones o aquellos titulares que pretendan utilizar el área estarán sujetos a la misma obligación. La Dirección General de Minería de acuerdo a la ley podrá requerir la adopción de medidas inmediatas con el fin de mitigar o remediar el medio ambiente y pedir el Plan de Cierre antes del plazo indicado, mediante resolución motivada, esto en función de una situación que presente riesgo a la salud y seguridad a las personas o calidad del ambiente.</p>

FUENTE: Elaboración propia.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Revisión de información secundaria

Se ha realizado una compilación, análisis y sistematización de toda la información disponible (libros, boletines, informes oficiales, informes técnicos, separatas, informes anuales, etc..) sobre la revegetación de pasivos mineros en el país y en el extranjero

a) Documentación oficial

Para la obtención de información en relación a los proyectos de revegetación realizados en el Perú, se solicitó y revisó los siguientes documentos oficiales:

- Planes de Cierre de Minas aprobados.
- Planes de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros aprobados.
- Informes Semestrales de cumplimiento de compromisos de planes de cierre
- Artículos científicos de experiencias particulares.

b) Documentación no oficial

- Revistas especializadas de institutos y/o organizaciones especializadas en minería.
- Publicaciones institucionales.
- Artículos periodísticos.
- Presentaciones de ponencias y congresos en relación al tema.

3.1.2. Informática y procesamiento de mapas

- Ordenador personal
- Software ArcGIS 10.1
- Software GOOGLE EARTH pro
- Imágenes satelitales gratuitas

3.2. Métodos

3.2.1. Identificación y descripción de experiencias exitosas en la aplicación de tecnologías de revegetación en tierras impactadas por actividades mineras.

a) Identificación

Para la identificación de experiencias exitosas se consideró para la priorización de la experiencia, los siguientes criterios:

- Tipo de cierre ejecutado (cierre progresivo, post cierre o cierre de pasivos).
- Tipo de obligatoriedad en relación al cierre (legal, voluntaria o asumida por el estado).
- Tipo de mineral extraído durante la etapa de explotación del proyecto (Polimetálico, aurífero, etc).
- Disponibilidad de la información.

b) Descripción

Para la descripción de las experiencias seleccionadas se realizó la revisión secundaria de documentos oficiales de empresas mineras y organismos como el MINEM, OEFA, FONAM, Activos Mineros, empresas mineras, ordenando la información obtenida bajo la siguiente secuencia:

b.1) Descripción general del sitio

Se realizó una breve descripción de las condiciones ambientales de la zona donde se desarrolla el proyecto de cierre, para tal fin se elaboró la siguiente ficha descriptiva:

Tabla 09: Modelo de Ficha Descriptiva de la experiencia de revegetación

DATOS GENERALES	
Departamento	
Provincia	
Distrito	
Altitud	
Tipo de minería desarrollada	
Tipo de cierre	
Obligatoriedad de cierre	
Coordenadas UTM (WGS 84)	N E
MEDIO FÍSICO	
Hidrología	
Cuenca principal	
Microcuenca	
Clima y Meteorología	
Tipo de clima (Thormthwait)	
Periodo de lluvias	
Precipitación (mm)	
Precipitación máxima 24h (mm)	
Evaporación (mm/mes)	
Humedad Relativa (%)	
Temperatura Ambiental (°C)	
Caudal máximo (l/s/ha)	
Sismicidad	
Zonificación Sísmica	
MEDIO BIOLÓGICO	
Ecoregión	

« Continuación »

Zonas de vida (Holdridge)	
---------------------------	--

FUENTE: Elaboración propia

b.2) Antecedentes

Se realizó una breve descripción histórica del proyecto minero seleccionado.

b.3) Descripción general del componente de cierre

Se realizó una breve descripción del componente de cierre seleccionado y una breve descripción de los diseños de estabilidad física, química y geoquímica asumidos, se resumió la información más relevante mediante la utilización de la siguiente ficha descriptiva:

Tabla 10: Características principales del componente de cierre

Parámetro	Unidad	Valor
Generales		
Altura	m	
Área Superficial de Terrazas	m ²	
Área Superficial de Taludes	m ²	
Área Superficial Total	m ²	
Estabilidad Física		
Pendiente del Talud de banco		
Pendiente Talud Global		
Canal de Coronación		
Canal de Colección		
Sistema de subdrenaje		
Factor de seguridad estático		
Factor de seguridad pseudo estático		
Estabilidad química		
Potencial Neutralizante, NP	Kg.CaCO ₃ /T	
Contenido de Azufre como sulfuro	%	

« Continuación »

Parámetro	Unidad	Valor
Potencial Acido	Kg.CaCO ₃ /T	
Potencial Neto Neutralizante	Kg.CaCO ₃ /T	
Cociente NP/AP		
pH pasta promedio		

FUENTE: Elaboración propia

b.4) Descripción de actividades de revegetación

Se realizó una breve descripción de las actividades de revegetación realizadas, la utilización de enmiendas de suelo, especies utilizadas, así como los diseños de cobertura y materiales utilizados.

b.5) Estado actual del componente de cierre y eficiencia de medidas planteadas

Se expuso el estado actual de los trabajos realizados y los resultados de monitoreo y seguimiento realizados, así como la eficiencia de las medidas de remediación utilizadas.

3.2.2. Elaboración de mapa de ubicación de los sitios con experiencias exitosas en revegetación de tierras impactadas por actividades mineras seleccionados

Se adicionó y procesó capas y shapes de información georeferenciada, incorporando la ubicación de las experiencias seleccionadas en forma de tabla de atributos, se elaboró un mapa general de los proyectos con medidas de revegetación implementadas a nivel nacional.

Se obtuvo imágenes satelitales gratuitas del programa GOOGLE EARTH Pro y se georeferenció las mismas mediante la utilización del software ArcGis 10.1, con el cual, se elaboró un mapa de ubicación de los proyectos seleccionados así como las principales características de la zona del proyecto por cada experiencia detallada seleccionada.

3.2.3. Elaboración de mapa de actores involucrados en el desarrollo e implementación de las tecnologías de revegetación en tierras impactadas por actividades mineras en el Perú.

Para el proceso de identificación de actores claves se adaptó del estudio “Mapeo de actores” propuesto por Tapella (2007), el cual toma como bases los enfoques de Pozo-Solis (2007) y EC-FAO (2006), el cual se encuentra estructurado en los siguientes seis pasos:

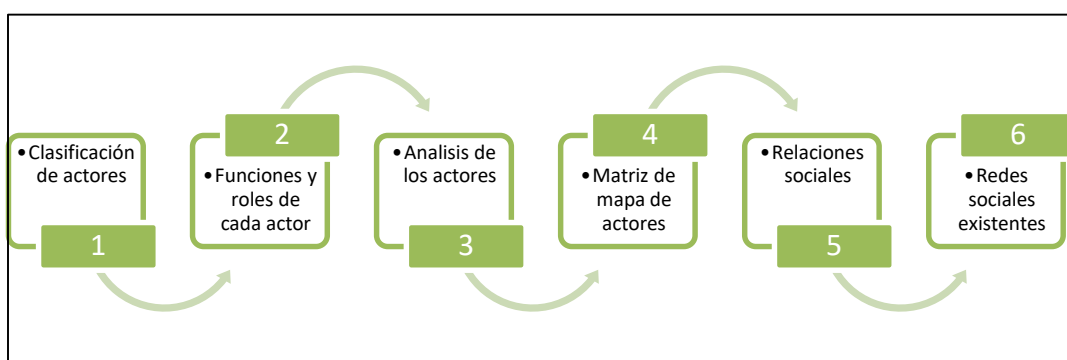


Figura 07: Procesos de identificación de actores

FUENTE: Elaboración propia

a) Paso 1: Propuesta inicial de clasificación de actores

Se definió que instituciones, grupos, organizaciones o personas individuales, forman parte de la investigación, los cuales se clasificaron en los siguientes grupos de actores sociales:

- Instituciones públicas (nacional, provincial o local) con incidencia en la zona
- Instituciones privadas
- Empresas
- Organizaciones sin fines de lucro
- Organizaciones sociales
- Actores individuales

b) Paso 2: Identificación de funciones y roles de cada actor

Se reconoció las principales funciones de los actores sociales e instituciones, así como las posibles acciones que podrían desarrollar.

c) Paso 3: Análisis de los actores

Se realizó el análisis cualitativo de los actores siguiendo dos categorías planteadas:

a. Relaciones predominantes: se definió como relaciones de afinidad (confianza) frente a los opuestos (conflictos), cuenta con tres aspectos:

- **A favor:** Predominan las relaciones de confianza y colaboración mutua
- **Indeciso/Indiferente:** Predomina las relaciones de afinidad, pero existe una mayor incidencia de las relaciones antagónicas.
- **En contra:** El predominio de relaciones es de conflicto.

b. Niveles de poder: es la capacidad del actor de limitar o facilitar las acciones que se emprenda, cuenta con tres aspectos:

- Alto.
- Medio.
- Bajo.

d) Paso 4: Elaboración de la matriz de mapa de actores

Se elaboró un cuadro de doble entrada donde cada fila (eje vertical) está determinada por tres grados de poder y cada columna (eje horizontal) está determinada por tres aspectos de las relaciones predominantes, tal como se muestra en la siguiente figura:

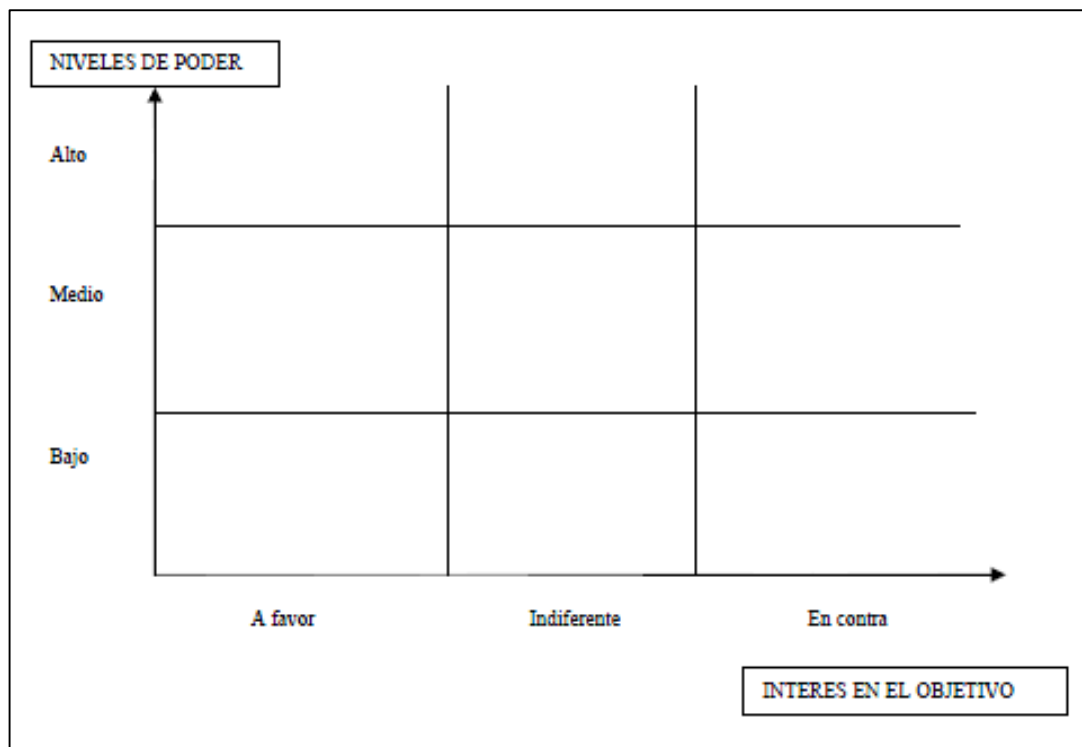


Figura 08: Modelo de matriz de mapeo de actores claves.

FUENTE: Tapella (2007).

e) Paso 5: Reconocimiento de las relaciones sociales

Se identificó el tipo de relaciones que existe entre los diferentes actores identificados, para lo que se plantea los siguientes niveles:

- Relaciones de fuerte colaboración y coordinaciones.
- Relaciones débiles o puntuales.
- Relaciones de conflicto.

f) Paso 6: Reconocimiento de las redes sociales existentes

Se identificó las redes existentes y el conjunto de acciones que deben tomar. A partir de ello se planteó estrategias para trabajar con las redes consolidadas y fortalecer las relaciones entre los grupos que presentan relaciones débiles.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

En el Perú, a partir de la promulgación de la ley N° 28090 el 14 de octubre de 2003 y su posterior reglamentación mediante D.S. 033-2005-EM el 16 de agosto de 2005, el MINEM ha aprobado aproximadamente 200 planes de cierre (incluye plan de cierre de minas, plan de cierre de pasivos, modificatorias y actualizaciones de los mismos), en los cuales los diferentes titulares mineros se comprometen a realizar actividades de cierre progresivo y cierre final; con actividades de revegetación incluido. A la fecha de elaboración del presente trabajo, no todos ellos se encuentran en ejecución debido principalmente a que los trabajos de revegetación generalmente son realizados próximos al cierre final de las operaciones y de acuerdo al desarrollo y ampliación de algunos proyectos, las actividades de minado y explotación no han concluido.

Es importante mencionar que existen esfuerzos de investigación de empresas como Minera Yanacocha y Compañía Minera Antamina, las cuales han implementado programas de investigación y desarrollo de tecnologías de revegetación en sus respectivas unidades, incluso antes de la promulgación de la ley antes mencionada.

Como resultados de evaluación se presentan catorce casos representativos de experiencias de revegetación descritos en el cuadro 4-1 y representados espacialmente en el mapa GN-01 (Ver anexo 2. Mapas), del listado presentado en el cuadro antes mencionado se han seleccionado solo dos de ellos para realizar el análisis detallado del cierre de componentes mineros, el primero de ellos en referencia al cierre depósitos de relaves calificados como pasivos ambientales mineros en la región Cajamarca por parte de la Compañía Mineras Colquirrumi. El segundo de ellos el cierre de dos depósitos de desmontes mediante cierre progresivo realizado por Corporación Minera Centauro.

En ambos casos, para la descripción de las actividades de diseño, se obtuvo información oficial aprobada en los planes de cierre y modificaciones respectivas aprobadas por el MINEM. Para la descripción de las condiciones actuales y eficiencia de medidas planteadas, se obtuvo información oficial aprobada en los informes semestrales de monitoreo aprobados y evaluados por OEFA. El detalle de la investigación realizada se presenta a continuación:

Tabla 11: Principales experiencias de revegetación realizadas en el Perú

Empresa	Unidad	Ubicación			Componentes de cierre		Cobertura utilizada		
		Departamento	Provincia	Distrito	Depósito de relaves	Depósito de desmontes	Pastos cultivados	Pastos nativos	Arbustos
Compañía Minera Antamina S.A.	Antamina	Ancash	Huari	San Marcos		X	X	X	X
Minera Barrick Misquichilca S.A.	Mina Pierina	Ancash	Huaraz	Independencia		X	X	X	
Activos Mineros S.A.C.	Ex Unidades Barragán y El Dorado	Cajamarca	Hualgayoc	Hualgayoc	X	X	X		
Compañía Minera Colquirrumi S.A. ¹	Ex U.M. Colquirrumi	Cajamarca	Hualgayoc	Hualgayoc	X	X	X		
Compañía Minera Coimolache S.A.	Tantahuatay	Cajamarca	Hualgayoc	Hualgayoc		X	X		

« Continuación »

Empresa	Unidad	Ubicación			Componentes de cierre		Cobertura utilizada		
		Departamento	Provincia	Distrito	Depósito de relaves	Depósito de desmontes	Pastos cultivados	Pastos nativos	Arbustos
Minera Yanacocha S.R.L. ²	Yanacocha	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca		X	X	X	X
Compañía Minera Antapaccay S.A. ²	Tintaya	Cusco	Espinar	Espinar	X	X	X		
Compañía Minera Castrovirreyña S.A.	San Genaro	Huancavelica	Castrovirreyña	Santa Ana		X	X		
Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. ²	Recuperada	Huancavelica	Huancavelica	Huachocolpa	X		X		
La Arena S.A.	La Arena	La Libertad	Sánchez Carrión	Huamachuco		X	X		
Minera Barrick Misquichilca S.A.	Lagunas Norte	La Libertad	Santiago de Chuco	Quiruvilca		X	X		

« Continuación »

Empresa	Unidad	Ubicación			Componentes de cierre		Cobertura utilizada		
		Departamento	Provincia	Distrito	Depósito de relaves	Depósito de desmontes	Pastos cultivados	Pastos nativos	Arbustos
Activos Mineros S.A.C.	Depósito de relaves CENTROMIN Casapalca, Tablachaca, Antuquito y Bellavista	Lima	Huarochiri	Chicla	X		X	X	
Corporación Minera Centauro S.A.C. ¹	Quicay	Pasco	Pasco	Simón Bolívar		X	X	X	
Milpo Andina Perú S.A.C. ²	Atacocha	Pasco	Pasco	Yanacancha	X	X			

FUENTE: MINEM, 2016.

(1) Con información detallada

(2) Casos descritos en Guía para el diseño de coberturas de depósitos de residuos mineros

4.1.1. Experiencias exitosas de revegetación en tierras impactadas por actividades mineras en el Perú

Esta experiencia se encuentra ubicada en el departamento de Cajamarca, las actividades correspondientes al cierre se iniciaron en el año 2013 y a la fecha se encuentran en buenas condiciones paisajísticas, la descripción detallada del caso se presenta a continuación:

a) Depósitos de relaves N° 1 al N° 4 - Ex U.M. Colquirrumi – Sector San Agustín

a.1) Descripción general del sitio

Para la descripción general del sitio se ha elaborado la siguiente ficha descriptiva:

Tabla 12: Ficha Descriptiva N° 1. U.M. Colquirrumi – Sector San Agustín

DATOS GENERALES	
Departamento	Cajamarca
Provincia	Hualgayoc
Distrito	Hualgayoc
Altitud	Entre 3120 y 3875 msnm
Tipo de minería desarrollada	Polimetálica
Tipo de cierre	Cierre de pasivos
Obligatoriedad de cierre	Voluntaria por empresa privada
Coordenadas UTM (WGS 84)	9253078.000 m N 766908.000 m E
MEDIO FÍSICO	
Hidrología	
Cuenca principal	Rio Hualgayoc
Microcuenca	Lechería
Clima y Meteorología	
Tipo de clima (Thormthwait)	Húmedo – Frío
Periodo de lluvias	Octubre – Abril
Precipitación (mm)	Min: 466,4 Max: 2510,1 Prom: 1346,8
Precipitación máxima 24h (mm)	P.R 100 años: 107,1 P.R 100 años: 128,0

« Continuación »

Evaporación (mm/mes)	Min: 32 Max: 71
Humedad Relativa (%)	Min: 78,0 Max: 90,1 Prom: 84,3
Temperatura Ambiental (°C)	Min: 4,4 Max: 13,6 Prom: 9,0
Caudal máximo (l/s/ha)	P.R 100 años: 19,3 P.R 100 años: 26,8
Sismicidad	
Zonificación Sísmica	Grado VI en la escala Mercalli Modificada
MEDIO BIOLÓGICO	
Ecoregión	Puna
Zonas de vida (Holdridge)	Bosque muy húmedo Montano Tropical (bmh – MT)

FUENTE: CESEL S.A, (2006)

A continuación se presenta el estado actual del componente de cierre. En el anexo 3, se pueden apreciar más vistas del mismo



Figura 09: Vista depósitos de relaves sector San Agustín

FUENTE: Compañía Minera Colquirrumi S.A. (2014)

a.2) Antecedentes históricos de la actividad minera

La minería en Cajamarca data desde tiempos de la colonia. Se desarrolló en la explotación de las minas de plata del asiento minero Hualgayoc ubicado sobre la Cordillera Occidental de los Andes del Norte de Perú fundado bajo el nombre de Micuypampa, descubierto el 31 de enero de 1771 por el español Rodrigo Torres de Ocaña, lugar donde la influencia española en las técnicas de explotación ponía énfasis desmesurado en la extracción y a una actividad de pequeños productores.

Hualgayoc, mantuvo siempre el interés de expertos investigadores y sabios quienes visitaron este eminente asiento minero. Visitas como la de Alexander von Humboldt en 1802, que quedó impresionado con la abundancia de vetas y la forma empírica en que estaban siendo trabajadas, señalando que con una mejor administración “sería un nuevo Potosí”. Dicha opinión coincide con la comparación que hizo el cronista Pedro Cieza de León en el Siglo XVI del Cerro Hualgayoc con Guanajuato, Real del Monte y otras minas de México, y las minas de Pasco y Bombón (Colquijirca) en el Perú. El mismo sabio Antonio Raimondi (1859) en uno de sus viajes por todo el país visitó Hualgayoc, calificándolo como “metalífero y rico Cerro de Hualgayoc”.

Hualgayoc tuvo en el Siglo XX a las familias cajamarquinas Santolaya, Miranda, Imaña y Silva Santisteban desarrollando actividad minera en la zona. A partir de estas fechas aparecieron algunas empresas mineras como Sociedad Minera Nueva Italia, SMRL Presidente Legía, SMRL San Ignacio o Pozos Ricos, entre otras. En 1940 se formó la Compañía Explotadora de Minas San Agustín (CEMSA) – Casa Piaggio, transformándose en 1970 en Cía. Minera Colquirrumi S.A. y a partir de 1971 la Cía. De Minas Buenaventura S.A. inicia su participación como accionista de la Cía. Minera Colquirrumi S.A.

Hasta fines de 1960, Había solo dos plantas de tratamiento de mineral por flotación selectiva:

- Planta BANCO MINERO.
- Planta CEMSA (Cía. Explotadora Mina San Agustín – Casa Piaggio).

- Entre los decenios de los 70's y 80's se generaron los pasivos ambientales mineros más complejos de la zona de Hualgayoc.

Compañía Minera Colquirrumi S.A. (CMCSA), constituida en el año 1970, se dedicó a la exploración, extracción, concentración y comercialización de minerales polimetálicos, operando en dos áreas dentro de sus propiedades mineras, el área de El Sinchao y el área San Agustín-Hualgayoc. CMCSA dejó de operar en marzo de 1991 debido a la estrepitosa caída del precio de los metales.

La presencia de gran cantidad de mineros locales y empresas pequeñas, limitó el área de la propiedad minera y con ello limitó la realización de trabajos de exploración y extracción de minerales a mayor escala.

CMCSA trató a partir de 1975 de consolidar la propiedad minera en base a compra, asociación, o cesión de propiedades para desarrollar el Distrito minero de Hualgayoc con más eficiencia, durante este proceso CMCSA adquirió además muchos pasivos ambientales, sin haber hecho trabajo alguno en la mayoría de sus actuales propiedades.

Actualmente, CMCSA ha enfocado sus esfuerzos en la ejecución de trabajos de remediación de los pasivos ambientales comprendidos en sus propiedades mineras.

Invasión de Ex Trabajadores (ASETACOL)

El 18 de Junio de 2006, los integrantes de la autodenominada Asociación de Ex trabajadores de Colquirrumi (ASETACOL) bajo la dirección del Sr. Hugo Dagoberto Urrutia Morales, irrumpieron y tomaron ilegítima posesión del predio Lote VA 210 de propiedad de la empresa, predio donde se emplazan los 4 depósitos de relave, componentes del Sector 1: Mina San Agustín — Relaveras. Durante los eventos de invasión, los elementos de control y monitoreo fueron boicoteados, los piezómetros que permitían controlar los niveles freáticos en los depósitos de relave fueron obstruidos.

Desde esa fecha, los integrantes de la autodenominada ASETACOL imposibilitaron el ingreso de la empresa al predio Lote VA 210 e impidiendo el inicio de las actividades programadas en el cronograma del Plan de Cierre aprobado, según el cual los 4 depósitos de relave eran los primeros componentes en remediar.

En febrero del 2011, el Juzgado penal Liquidador de Bambamarca, hizo entrega del lote VA 210 a la empresa. A la fecha, la empresa mantiene dos procesos judiciales en paralelo (Proceso Civil y Proceso Penal) y se está a la espera de un fallo definitivo del poder judicial.

En ese mismo mes se realizaron trabajos de sondeo para caracterizar el relave y continuar con los estudios de ingeniería para poder realizar los trabajos de cierre definitivos.

El 12 de diciembre del 2011, con escrito N° 2150586 se presentó a la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros, una comunicación dando a las autoridades que Cía. Minera Colquirrumi S.A, suspendía todas sus actividades de forma preventiva en el área de Hualgayoc desde el 25 de noviembre 2011 hasta el 03 de enero del 2012.

Esta paralización se debió a la falta de condiciones de seguridad generadas por las movilizaciones en pro del Paro Regional Indefinido convocado por el Gobierno Regional de Cajamarca, en el denominado Paro Regional Indefinido en Defensa del Agua, la Vida y el Medio Ambiente", en contra del proyecto minero Conga el cual tuvo una duración de 8 semanas.

Al año 2013, muchas de las estructuras hidráulicas se han deteriorado, los canales de captación y derivación de aguas se encontraban obstruidos, en su mayoría destruidos, los piezómetros afectados e inservibles. Esta situación puso en grave riesgo la estabilidad física de las estructuras y así como la afectación de estructuras colindantes, considerando más aún las características geológicas de la zona por presencia de fallas.

a.3) Descripción general de los componentes de cierre

Los depósitos de relaves San Agustín, denominados N° 1 al N° 4, se cimentaron sobre terrazas aluviales del Cuaternario depositados sobre el basamento de rocas sedimentarias (Tercero). Los relaves que fueron depositados en áreas de propiedad de la mina, ocupan un área total de 77954,84 m². La ubicación de estos depósitos se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla 13: Ubicación de depósitos de relaves sector San Agustín

Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)		Área (m ²)
	Norte	Este	
Depósito de relaves N° 1	9253255 m	767270 m	9937,31
Depósito de relaves N° 2	9253360 m	767170 m	16928,79
Depósito de relaves N° 3	9253480 m	767180 m	23650,71
Depósito de relaves N° 4	9253475 m	767250 m	27438,03

FUENTE: Cesel S.A.

El almacenamiento de relaves en los depósitos culminó en el año 1991. Las características principales de los depósitos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 14: Características principales del Depósito de relaves Zona Colquirrumi

Parámetro	Unidad	Valor
Generales		
Área Superficial Total	m ²	77954,84
Estabilidad Física		
Pendiente Talud Global		2.5H:1.0V
Canal de Coronación		Sí
Canal de Colección		Sí
Sistema de subdrenaje		Sí
Factor de seguridad estático		1.50
Factor de seguridad pseudo estático		1.0-1.1
Estabilidad química		
Potencial Neutralizante, NP	Kg.CaCO ₃ /T	-56,40
Contenido de Azufre como sulfuro	%	0,09
Potencial Acido	Kg.CaCO ₃ /T	340,00
Potencial Neto Neutralizante	Kg.CaCO ₃ /T	-396,40
Cociente NP/AP		-1,17
pH pasta promedio		1,50

FUENTE: Geoservice Perú S.A.C. (2013)

Estabilidad Física

De acuerdo al estudio geotécnico realizado por la firma GEOSERVICE, se definió una pendiente de 2.5H:1.00V para el talud final con bermas intermedias de 3m de ancho de los depósitos para un período de recurrencia de 500 años de acuerdo al reglamento de Cierre de Mina; así como un factor de seguridad igual a 1,50 y 1,00 para condiciones estáticas y pseudo estáticas, respectivamente, confirmándose su estabilidad en el largo plazo.

El material de corte del depósito de relave N° 3 fue trasladado a los depósitos N° 1 y N° 2, mediante el método de Banquetas, empleando el material de corte del depósito de relave N° 3 será dispuesto en los depósitos de relave N° 1 y N° 2, tal como se muestra en la siguiente figura:

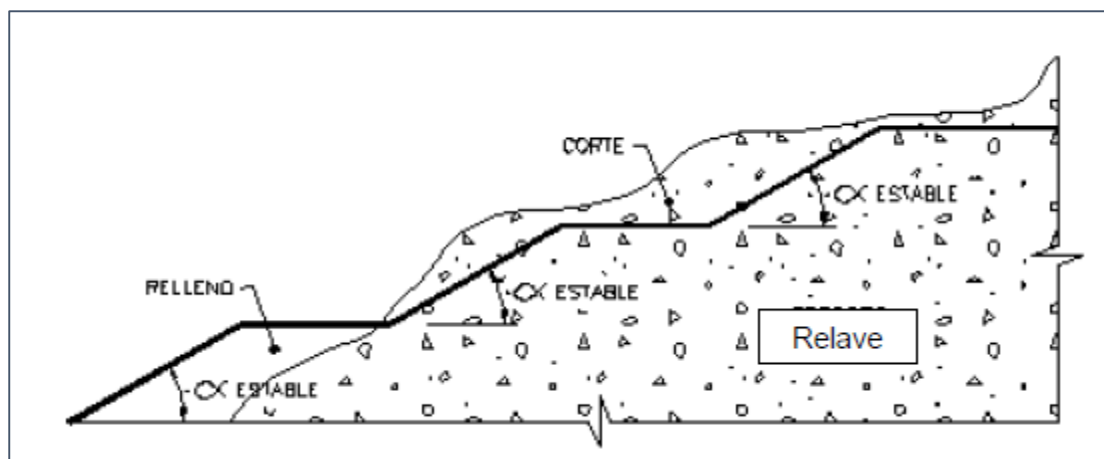


Figura 10: Método de Banquetas

FUENTE: Geoservice Perú S.A.C. (2013)

Los depósitos de relaves cuentan con un canal trapezoidal construido de mampostería en piedra el cual se ubica en el perímetro de los mismos, el cual evita la erosión hidráulica que pudieran causar las avenidas y escorrentías. Cuenta además con un sistema de subdrenaje compuesto por tuberías de diámetros de 6 y 8 pulgadas, recubiertas con HDPE liso de 0,010, y encerradas dentro de una matriz de grava gruesa y roca, que evita la acumulación de agua en el interior.

La red de drenaje superficial para el control de las aguas de lluvias y evitar la erosión en la superficie de todos los depósitos de relaves, permite evacuar rápidamente a la quebrada adyacente al depósito de relaves N° 3. La conformación de dicha infraestructura puede apreciarse en la siguiente figura:

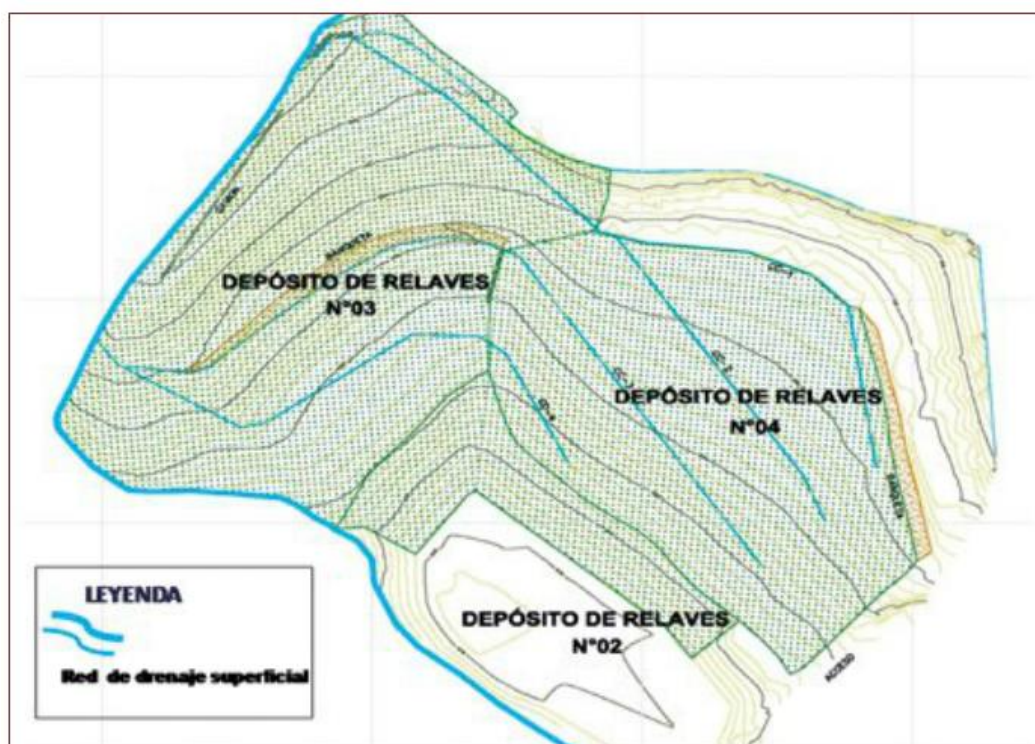


Figura 11: Red de drenaje superficial para el manejo de aguas de escorrentía

FUENTE: Revista Minería N° 455. (2015)

Estabilidad Química

Los depósitos de relaves están compuestos por material generador de ácido. El valor negativo del Potencial Neto Neutralizante (NNP) y el valor mucho menor que la unidad del cociente NP/AP revelan que los depósitos son generador de ácido debido a la presencia de una concentración significativa de sulfuros y sobre todo a su bajo potencial neutralizante.

El valor negativo del NP indica además que el componente es generador de drenaje ácido el contacto del mismo con agua de infiltración o precipitación directa va a originar efluentes ácidos.

Según el estudio Hidrogeoquímico desarrollado por la empresa Ambere, se demostró que la presencia de metales en aguas superficiales tiene su origen en:

- Quebrada Lechería: la acidez del medio.
- Río Hualgayoc: su bajo potencial de óxido reducción
- Todos los sedimentos del área efectiva de CMC poseen un elevado potencial de generación de acidez. Esto ocurre con sedimentos tanto superficiales como subterráneos.
- De acuerdo a los análisis ABA y NAG en muestras de relaveras, se determinó que una de ellas (RVL- 4) ya NO es generadora de acidez.
- Se demostró los análisis ABA y NAG NO son concluyentes para realizar un estudio geoquímico. Son sesgados y pueden generar confusión en las interpretaciones.
- A través de análisis de XRD, XRF y Extracción Secuencial, fue posible obtener información más concluyente a la hora de entender el real comportamiento de los minerales en la zona efectiva de CMC.
- Se demostró que las relaveras son químicamente estables, y que no infiltran (drenan) hacia el agua subterránea.

a.4) Descripción de las actividades de revegetación

El estudio de la consultora ambiental “OM Ingeniería y Laboratorio S.R.L”, representada por el Ing. Abel Ordoñez (Supervisión Técnica de las Obras de Cierre de Depósitos de Relaves – San Agustín) sustentó los nuevos diseños de cierre que se realizaron en este sector, en donde no se consideró el uso de geomembranas y solamente se utilizó coberturas naturales tomando en consideración las experiencias realizadas en la zona de Cierre del Sinchao, en donde luego que se colocó los geosintéticos y estando próximos a su abandono, pobladores de la zona pastorearon las áreas remediadas y colocaron estacas para sujetar a sus animales perforando incluso las geomembranas, adicionalmente un poblador de la zona pretendió realizar su vivienda en la zona remediada, instalando puntales de madera en el depósito de material estéril afectando los geotextiles al excavar huecos para instalar los soportes de madera que le servía como columna para su casa.

A razón de ello, se diseñó una cobertura de baja permeabilidad en toda la superficie de los cuatro depósitos de relaves mediante capas compactadas de 0,40 m de suelo arcilloso con valor de conductividad hidráulica menor a 10^{-6} cm/seg; y una capa de suelo de cultivo de 0,20 m de espesor, tal como se presenta a continuación:

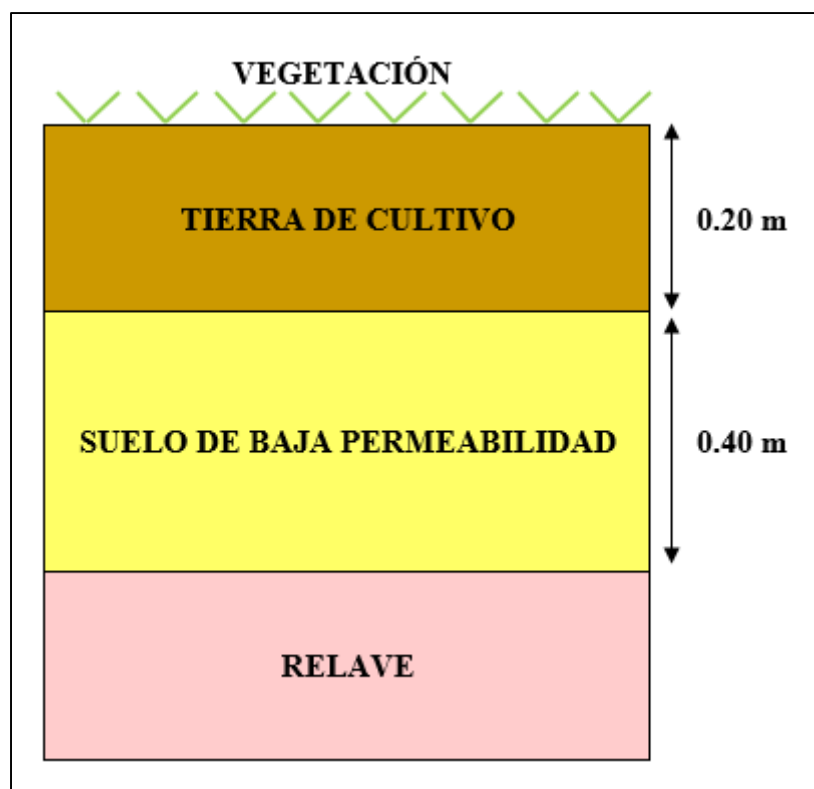


Figura 12: Modelo de Cobertura tipo II utilizado en depósitos de relaves

FUENTE: Diseño de cobertura depósitos de desmonte. Mina San Agustín.

Geoservice Perú S.A.C. 2013

Corrección del pH del suelo mediante el encalado

En el diseño inicial se consideró la colocación de geosintéticos de HDPE, colocación de caliza como filtro, top soil y revegetación, asimismo el relave poseía una capa de gravilla de piedra caliza con un espesor de 0,05 metros, es por ello que de acuerdo al estudio de OM Ingeniería y Laboratorio S.R.L., se considera que la neutralización con caliza no era necesaria, en vista de que la capa de suelo arcilloso en lugar de la capa de geomembrana, hace que no sea necesario colocar la capa de gravilla, garantizando las condiciones de impermeabilización y/o control de las infiltraciones de las aguas de lluvias.

Preparación / Emplazamiento del Topsoil

La operación fue trasladar el topsoil hasta la terraza del depósito y extenderla, en una capa aproximada de 0,2 m.

Siembra y Fertilización

En la siembra de pastos mejorados se utilizaron semillas de rápido enraizamiento que se adaptan a las condiciones del lugar. Los plantones o semilla (por especie) que se utilizaron para abastecer el proyecto fue: trébol blanco (*Trifolium repens*), trébol rojo (*Trifolium pratense*), rye grass inglés (*Lolium perenne*), rye grass italiano (*Lolium multiflorum*) y pasto ovilla (*Dactyles glomerata*)

a.5) Estado actual (2016) del componente de cierre y eficiencia de medidas planteadas

En el anexo 2. Mapas, se presentan los mapas GN-02 (1-2) y GN-02 (2-2). En los cuales se puede apreciar la conformación pasada y actual de los componentes de cierre. Asimismo se puede apreciar en el anexo 3, el panel fotográfico del estado actual del sitio y los trabajos realizados. Al término del primer semestre del año 2016, la situación actual de los componentes de cierre fue la siguiente:

a.5.1) Estabilidad física

El depósito de relaves N° 2, cuenta con 06 puntos de control, de los cuales no se ha observado la variabilidad en los azimut, y de acuerdo a los datos obtenidos de los monitoreos se observa que la mayoría de los puntos se encuentran con leves desplazamiento horizontal de 0,1 a 2,40 cm y un desplazamiento vertical de 0,00 a -1,05 cm.

El depósito de relaves N° 3, cuenta con 10 puntos de control, de los cuales no se ha observado la variabilidad en los azimut, y de acuerdo a los datos obtenidos de los monitoreos se observa que la mayoría de los puntos se encuentran con leves

desplazamiento horizontal de 0,45 a 2,21 cm y un desplazamiento vertical de -0,08 a -1,69 cm.

El depósito de relaves N° 4, cuenta con 06 puntos de control, de los cuales no se ha observado la variabilidad en los azimut, y de acuerdo a los datos obtenidos de los monitoreos se observa que la mayoría de los puntos se encuentran con leves desplazamiento horizontal de 2,4 a 8,40 cm y un desplazamiento vertical de -0,06 a -1,67 cm.

a.5.2) Estabilidad química

En relación a la estabilidad química, no se consideró el monitoreo del potencial de generación de DAR en los componentes, sin embargo se monitorea dos cuerpos receptores, ubicados cerca a los depósitos de relaves, y en los piezómetros construidos dentro y próximos al área de los depósitos de relaves.

a.5.3) Revegetación

El depósito de relaves N° 1, tiene un área de (9937,31 m²) hacen un total de 0,994 has en este componente se tiene revegetado de 80% en el primer semestre del 2015 y 90% para el segundo, las especies más abundante son el rye grass, trébol rojo y trébol blanco; no se ha registrado presencia de la especie pasto ovilla (*Dactyles glomerata*).

El depósito de relaves N° 2, tiene un área de (16928,79 m²) hacen un total de 1,693 has en este componente se tiene revegetado el 50% en el primer semestre del 2015 y 60% para el segundo, las especies más abundante son el rye grass, trébol rojo y trébol blanco; no se ha registrado presencia de la especie pasto ovilla (*Dactyles glomerata*).

El depósito de relaves N° 3, tiene un área de (23650,71 m²) hacen un total de 2,365 has en este componente se tiene revegetado de 100% en el primer semestre del 2015 y 100% para el segundo, las especies más abundante son el rye grass, trébol rojo y

trébol blanco; se ha registrado presencia de la especie pasto ovilla (*Dactyles glomerata*).

El depósito de relaves N° 4, tiene un área de (27438,03 m²) hacen un total de 2,744 has en este componente se tiene revegetado de 90% en el primer semestre del 2015 y 95% para el segundo, las especies más abundante son el rye grass, trébol rojo y trébol blanco; se ha registrado presencia de la especie pasto ovilla (*Dactyles glomerata*).

a.6) Costos:

La inversión total realizada por Compañía Minera Colquirrumi para el cierre de los 04 depósitos de relaves a la fecha asciende a \$ 3 047 856,00.

b) Depósito de desmontes Este y Suroeste – U.M. Quicay

Esta experiencia se encuentra ubicada en el departamento de Pasco, las actividades correspondientes al cierre progresivo se iniciaron en el año 2008 y a la fecha se encuentran en buenas condiciones paisajísticas, la descripción detallada del caso se presenta a continuación:

b.1) Descripción general del sitio

Para la descripción general del sitio se ha elaborado la siguiente ficha descriptiva:

Tabla 15: Ficha Descriptiva N° 2: U.M. Quicay

DATOS GENERALES	
Departamento	Pasco
Provincia	Cerro de Pasco
Distrito	Simón Bolívar
Altitud	Entre 4280 y 4420 msnm
Tipo de minería desarrollada	Aurífera
Tipo de cierre	Progresivo
Obligatoriedad de cierre	Legal
Coordenadas UTM (WGS 84)	8818353,181 m N 347600,000 m E
MEDIO FÍSICO	
Hidrología	
Cuenca principal	Mantaro
Microcuenca	Quicay
Clima y Meteorología	
Periodo de lluvias	Octubre – Abril
Precipitación (mm)	Min: 0,0 Max: 543,0 Prom: 104,8
Precipitación máxima 24h (mm)	Min: 45,4 Max: 55,0 Prom: 30,7
Evaporación (mm/mes)	Min: 31,1 Max: 209,5 Prom: 172,6
Humedad Relativa (%)	Min: 46,6 Max: 94,4 Prom: 82,1
Temperatura Ambiental (°C)	Min: 3,1 Max: 7,8 Prom: 5,5
Caudal máximo (l/s/ha)	P.R 100 años: 19,3 P.R 100 años: 26,8
Sismicidad	
Zonificación Sísmica	Zona 2 (Sismicidad media) - Zonificación Sísmica del Perú
MEDIO BIOLÓGICO	
Ecoregión	Puna
Zonas de vida (Holdridge)	Páramo Muy Húmedo – Subalpino Tropical (pmh – SaT)

FUENTE: Consulcont S.A.C. (2008)

A continuación se presenta el estado actual del componente de cierre. En el anexo 3, se pueden apreciar más vistas del mismo



Figura 13: Vista depósitos de desmontes Suroeste

FUENTE: Corporación Minera Quicay (2015)

b.2) Antecedentes

La propiedad minera del área de Quicay fue originalmente explorada por metales básicos durante la década de 1960, por las empresas Kennecott Copper Corporation y Hunting Survey Corporation. Entre 1993 y 1996 el nuevo titular, Centromin Perú S.A., exploró el lugar por oro, y en 1996, la empresa Minera Coribarrick, subsidiaria de Barrick Gold Corporation, tomó una opción sobre el yacimiento y la exploró hasta el año 1998 en el que liberó la obligación y el yacimiento retornó a Centromin Perú S.A.

En Febrero del 2000, la empresa minera CENTAURO adquiere en forma definitiva la propiedad de las concesiones que comprenden el yacimiento.

CENTAURO obtuvo el permiso de la Comunidad de Pacoyán para el uso del terreno superficial como área de exploración, vías de acceso, construcción de las

instalaciones necesarias para el inicio y ejecución de las operaciones minero-metalúrgicas y complementarias. En el año 2000 CENTAURO presentó el EIA para la construcción, operación y abandono del proyecto Quicay el mismo que fue aprobado luego de una Audiencia Pública convocada en la ciudad de Cerro de Pasco.

En el año 2002 CENTAURO inició la operación del proyecto Quicay con una capacidad de tratamiento de 5 000 T/d; esta capacidad se incrementó progresivamente hasta alcanzar en la actualidad 7 490 T/d.

b.3) Descripción general de los componentes de cierre

b.3.1) Depósito de desmontes Este

El depósito abarca una extensión aproximada de 51,63 ha, con una capacidad de almacenamiento total de 16 017 705 m³ de desmonte de mina. Esta capacidad se ha obtenido colocando el material con taludes de 2.0H:1.0V. Las características principales de este botadero se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 16: Características principales del Depósito de desmontes Este

Parámetro	Unidad	Valor
Generales		
Altura	m	118
Área Superficial de Terrazas	m ²	198670
Área Superficial de Taludes	m ²	317592
Área Superficial Total	m ²	516262
Estabilidad Física		
Pendiente del Talud de banco		1,4H:1,0V
Pendiente Talud Global		2,0H:1,0V
Canal de Coronación		Sí
Canal de Colección		Sí
Sistema de subdrenaje		Sí
Factor de seguridad estático		1,54
Factor de seguridad pseudo estático		1,02

« Continuación »

Estabilidad química		
Potencial Neutralizante, NP	Kg.CaCO ₃ /T	0,75
Contenido de Azufre como sulfuro	%	0,52
Potencial Acido	Kg.CaCO ₃ /T	16,25
Potencial Neto Neutralizante	Kg.CaCO ₃ /T	-15,50
Cociente NP/AP		0,05
pH pasta promedio		4,97

FUENTE: Tecnología XXI S.A. (2012)

Estabilidad Física

De acuerdo al estudio geotécnico realizado por la firma SC INGENIEROS, se definió una pendiente de 2,0H: 1,00V para el talud final de este Depósito para un período de recurrencia de 500 años de acuerdo al reglamento de Cierre de Mina; así como un factor de seguridad igual a 1,20 y 1,05 para condiciones estáticas y pseudo estáticas, respectivamente, confirmándose su estabilidad en el largo plazo.

El depósito de desmontes cuenta con un canal de coronación construido de mampostería en su lado Oeste, adyacente al cerro Quicay; este canal evitará la erosión hidráulica que pudieran causar las avenidas y escorrentías procedentes del cerro Quicay. Cuenta además con un sistema de subdrenaje compuesto por 15 tuberías perforadas y recubiertas con geotextil, y encerradas dentro de una matriz de grava gruesa y roca, que evita la acumulación de agua en el interior.

Para el cierre del depósito de desmontes Este se perfiló el talud en banquetas que reduzcan la erosión hidráulica y permitan el progreso de la vegetación.

Estabilidad Química

El desmonte está compuesto por material generador y no generador de ácido según se trate de la zona del Tajo de donde fue extraído. Para llegar a tal conclusión se analizó un total de 12 muestras de este material, obteniendo un valor negativo para

el Potencial Neto Neutralizante (NNP) y el valor mucho menor que la unidad del cociente NP/AP revelan que este desmonte es un generador de ácido debido a la presencia de una concentración significativa de sulfuros y sobre todo a su bajo potencial neutralizante. De allí la importancia del recubrimiento para evitar que el drenaje ácido siga ocurriendo u ocurra en el futuro. La alta proporción de sulfatos (más del 55% del azufre total) revela que los sulfuros originalmente presentes en este material se han oxidado generando soluciones ácidas.

Asimismo para los resultados de muestras de repulpado; se observa que el pH oscila entre 4,0 y 6,1 y la conductividad entre 26 y 244, revelando un carácter ácido más bien moderado.

b.3.2) Depósito de desmontes Suroeste

El depósito abarca una extensión aproximada de 23,27 ha, con una capacidad de almacenamiento total de 4 157 114 m³ de desmonte de mina. Esta capacidad corresponde a taludes de 2,0H: 1,0V. Las características principales de este botadero se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 17: Características principales del Depósito de desmontes Suroeste

Parámetro	Unidad	Valor
Generales		
Altura	m	62
Área Superficial de Terrazas	m ²	89550
Área Superficial de Taludes	m ²	143154
Área Superficial Total	m ²	232705
Estabilidad Física		
Pendiente del Talud de banco		1,4H:1,0V
Pendiente Talud Global		2,0H:1,0V
Canal de Coronación	m	610
Canal de Colección		Si
Sistema de subdrenaje		Si
Factor de seguridad estático		2,04

« Continuación »

Factor de seguridad pseudo estático		1,32
Estabilidad química		
Potencial Neutralizante, NP	Kg.CaCO ₃ /T	9,23
Contenido de Azufre como sulfuro	%	0,59
Potencial Acido	Kg.CaCO ₃ /T	18,46
Potencial Neto Neutralizante	Kg.CaCO ₃ /T	-9,23
Cociente NP/AP		0,50
pH pasta promedio		6,16

FUENTE: Tecnología XXI S.A. (2012)

Estabilidad Física

De acuerdo al estudio geotécnico realizado por la firma ZER Geosystem Perú S.A.C, se definió una pendiente de 2,0H: 1,00V para el talud final de este Depósito para un período de recurrencia de 500 años de acuerdo al reglamento de Cierre de Mina; así como un factor de seguridad igual a 2,04 y 1,3 para condiciones estáticas y pseudo estáticas, respectivamente, confirmándose su estabilidad en el largo plazo.

El depósito de desmontes cuenta con un canal de coronación construido en su lado Norte y Noreste, el mismo que desemboca en el Tajo Norte; este canal evitará la erosión hidráulica que pudieran causar las avenidas y escorrentías. Cuenta además con un sistema de subdrenaje recubiertos con geotextil, y encerrados dentro de un canal de grava gruesa y cantos, que evita la acumulación de agua en el interior.

Para el cierre del depósito de desmontes Este se perfiló el talud en banquetas que reduzcan la erosión hidráulica y permitan el progreso de la vegetación.

Estabilidad Química

El desmonte está compuesto por material generador y no generador de ácido similar al mostrado para el depósito Este. Para llegar a tal conclusión se analizó un total de 12 muestras de este material, obteniendo un valor negativo para el Potencial Neto

Neutralizante (NNP) y el valor mucho menor que la unidad del cociente NP/AP revelan que este desmonte es un generador de ácido debido a la presencia de una concentración significativa de sulfuros y sobre todo a su bajo potencial neutralizante

Asimismo para los resultados de muestras de repulpado; se observa que el pH oscila entre 4,0 y 8,7 y la conductividad entre 42 y 359, revelando un carácter ácido más bien moderado.

b.4) Descripción de actividades de revegetación

De acuerdo a los resultados de estabilidad química se concluye que los depósitos de desmontes presentan un potencial de generación de DAR, bajo esta caracterización, se diseñó la respectiva cobertura para el cierre de los depósitos de desmontes, la cual se presenta a continuación:

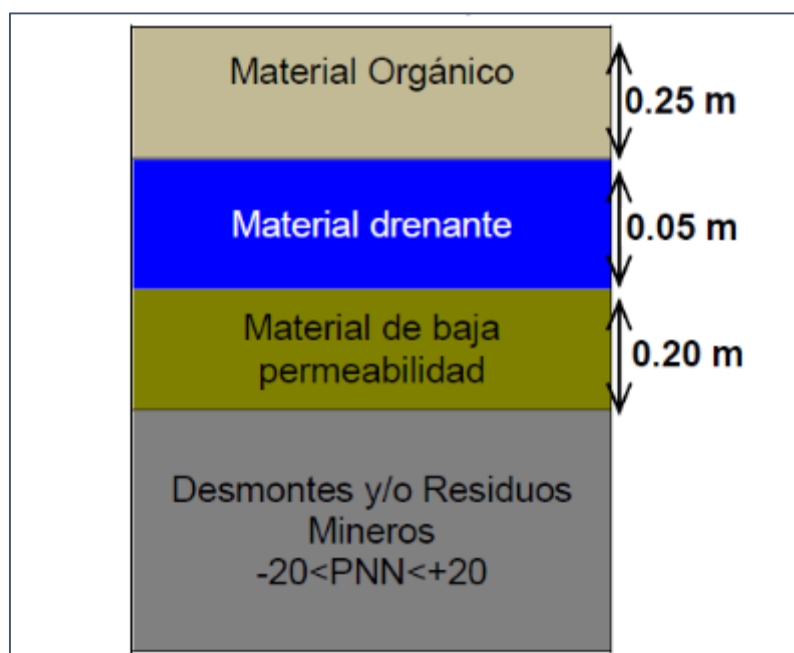


Figura 14: Modelo de Cobertura tipo II utilizado en depósito de desmontes

FUENTE: HGS Perú S.A. (2009)

Fuente y caracterización de topsoil

La fuente de top soil utilizada, fue almacenada durante las actividades de la mina la cual presenta las siguientes características según los análisis realizados para noviembre 2007 en el Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Tabla 18: Resultados del análisis de suelos de muestras de top soil

Muestra de tierra de préstamo	pH 1:1	C.E. dS/m	M.O. %	P ppm	K ppm	Al³⁺ Me/100
S-6010	6,03	0,30	12,9	8,4	314	0,00
S-6011	4,27	0,08	3,2	20,2	48	2,70
S-6012	4,91	0,22	5,3	20,9	416	0,70
S-6013	6,16	0,53	8,4	5,6	104	0,00
S-6014	4,93	0,20	5,2	20,8	131	0,60
S-6015	5,94	0,38	7,9	26,1	213	0,20

FUENTE: Consulcont S.A.C. (2008)

La zona de almacenamiento de top soil (Depósito de top soil), fue diseñada teniendo en cuenta la estabilidad física del mismo con un 32,3% de pendiente, una altura de depósito de 7 - 8 m con un factor de seguridad de 1,3. En los lugares de mayor pendiente del terreno colocaron en el pie de los taludes un refuerzo conformado por la acumulación de bloques rocosos heterométricos.

b.4.1) Depósito de desmontes Este

Corrección del pH del suelo mediante el encalado

Para que estos objetivos se cumplan se debe garantizar el desarrollo sostenible de la vegetación que se implante. Para la neutralización se optó por emplear caliza en lugar de Cal porque cualquier exceso de Cal que se agregue para disponibilidad futura sería inmediatamente disuelto y “quemaría” las raíces de la vegetación implantada y la biota “top soil”; en cambio la Caliza se disolverá paulatinamente y en la medida que soluciones ácidas asciendan por capilaridad hasta la capa compactada actuará neutralizando el pH.

La neutralización con caliza fue dosificada para un estrato de 0,2 m de desmonte, es decir a una tasa de 55,4 kg/T, con el fin de conformar una capa impermeable que no solo no genere ácido sino que posee un potencial neutralizante residual muy significativo. La caliza finamente chancada (100% -3/8”) fue mezclada con el estrato superior de 0,20 m del desmonte y luego emplazado, nivelada y compactado en el mismo lugar para reducir su permeabilidad e impedir la infiltración de agua; sobre esta capa neutralizada y compactada se colocó el “top soil” y se aplicó el fertilizante, semillas y riego por aspersion. La demanda total de caliza para la estabilización de este depósito fue de 14 200 TM con una densidad de extendido de 22,2 kg/m².

Conformación del Substrato

La aplicación de las 14 200 TM de encalado sobre la extensión superficial total del depósito equivalente a 51,63 Has, se realizó durante la estación de estiaje en forma mecanizada mediante rastrillado, volteando y compactando el terreno con equipo pesado, tal como se describe a continuación:

- La caliza chancada llega al punto de aplicación y fue descargada directamente sobre la superficie siendo distribuida en montículos de 25 a 30 T de caliza.
- Un tractor de orugas D-6, distribuye uniformemente la caliza, conformando una capa de aproximadamente 1,5 cm de espesor, la cual es controlada por el ayudante del operador.

- En las terrazas y bermas del depósito una moto niveladora, provista de rastrillo voltear sucesivamente la capa superior de 0,20 m de espesor de desmonte y 1,5 cm de caliza fina, en 2 pasadas de dirección opuesta y la nivela, En el talud, que tiene una inclinación en el orden de 26°, el trabajo de volteo y mezcla será realizado por varios tractores agrícolas.; en zonas de relieve difícil se empleará motocultores manejadas por un operador.
- Seguidamente un Camión cisterna de 12 m³ de capacidad rociará agua sobre el terreno rastrillado de las terrazas y bermas, para conseguir una humedad en el orden de 15%, adecuada para la compactación. En el talud la aplicación de agua es mediante aspersores portátiles.
- Finalmente Rodillos compactadores de 8 T y 90 Hp compactan, en 2 pasadas, la mezcla humedecida restableciendo el relieve original. Se ha previsto que estos rodillos operen también en el talud pues la inclinación del mismo es moderada; en zonas de relieve difícil se empleó planchas compactadoras manejadas por un operador.

Preparación / Emplazamiento del Topsoil

Para incrementar la calidad del “topsoil”, en términos de aireación, porosidad y enmienda, química, se disgregó mediante una trituradora de martillos al cual se alimentó posterior a resecación junto con 3,50 T/Ha de caliza chancada para obtener un pH óptimo (5,5) y la inmovilización de cationes presentes en el “top soil” almacenado.

La primera operación fue trasladar el topsoil hasta la terraza del depósito y extenderla, en una capa aproximada de 0,2 m para facilitar su secado natural. El balance para la campaña de secado y disgregación del topsoil en época de estiaje:

- Tiempo de secado natural : 5 días
- Tiempo de emplazamiento : 1 días
- Tiempo total secado/manipuleo : 6 días
- Volumen total de topsoil : 160 207 m³
- Campañas anuales : 1
- Duración de cada campaña integral: 5 meses

- Duración de cada campaña de secado: 4 meses
- Espesor de capa de topsoil en secado : 0,21 m

Siembra y Fertilización

En la siembra de pastos mejorados se utilizaron semillas de rápido enraizamiento. La cantidad de plántones o semilla (por especie) que se utilizaron para abastecer el proyecto fue: pasto ovilla (*Dactyles glomerata*) (8 kg/ha), Rye grass italiano (*Lolium multiflorum*) y Trébol blanco, (*Trifolium repens*)(1 kg/ha). La segunda fase implicó la implantación de macollos de Festuca en un distanciamiento de 80 x 80 cm. La siguiente tabla muestra la cantidad de semilla y macollos utilizadas para la siembra en el depósito de desmontes:

Tabla 19: Demanda de semillas en la revegetación

Componente	Especie pastos introducidos			Especies nativas
	Trébol blanco (<i>Trifolium repens</i>)	Pasto ovilla <i>Dactylis glomerata</i>	Rye grass italiano (<i>Lolium multiflorum</i>)	Chillihuar (<i>Festuca dolycophila</i>)
Depósito de desmonte Este	52 kg	416 kg	416 kg	1 001 296 de macollos

FUENTE: Consulcont S.A.C. (2008)

La fórmula de fertilización fue 50-80-0 para N-P-K a la siembra, aplicado al voleo y en forma fraccionada en dos o tres partes, durante los primeros 3 meses. La primera dosis se aplicó al primer mes de la siembra. Posteriormente al primer corte o uso, se aplicó un abono de mantenimiento de 50-40-60, realizándose 2 cortes o pastoreos por año, luego de cada uno se aplicó fertilizante.

Las demandas de fertilizante utilizado en la revegetación del depósito Este se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 20: Demanda de Fertilizantes en la Revegetación

Fertilizante utilizado	Cantidad (bolsas)
Nitrato de amonio	384
Súper fosfato	384
Cloruro de potasio	128
TOTAL	897

FUENTE: Consulcont S.A.C. (2008)

Finalmente, en la siguiente tabla se presenta la demanda de agua que requiere el riego tecnificado del depósito para la revegetación:

Tabla 21: Demanda de riego tecnificado de los componentes revegetados

Indicador	Unidad	Cantidad
Índice	m ³ /ha/d	1,44
Área	ha	64,1
Caudal	m ³ /d	92,3
Tiempo	días/año	270
Volumen	m ³ /año	24 915

FUENTE: Consulcont S.A.C. (2008)

b.4.2) Depósito de desmontes Sur Oeste

Corrección del pH del suelo mediante el encalado

La neutralización con caliza fue dosificada para un estrato de 0,2 m de desmonte, es decir a un tasa de 61,1 Kg/T. La caliza finamente chancada (100% -3/8”) fue mezclada con el estrato superior de 0,20 m del desmonte y luego emplazado, nivelada y compactado; sobre esta capa neutralizada y compactada se colocó el “top soil” y se aplicó el fertilizante, semillas y riego por aspersión. La demanda total de caliza para la estabilización de este depósito fue de 4 732 Tn.

Conformación del Substrato

La aplicación de las 4 732 Tn de encalado sobre la extensión superficial total del depósito equivalente a 23,27 has, se realizó durante la estación de estiaje en forma mecanizada mediante rastrillado, volteando y compactando el terreno con equipo pesado, tal como se describió en el depósito de desmonte Este.

Preparación / Emplazamiento del Topsoil

Para incrementar la calidad del “topsoil”, en términos de aireación, porosidad y enmienda, química, se disgregó mediante una trituradora de martillos al cual se alimentó posterior a resecación junto con 3,50 T/Ha de caliza chancada para obtener un pH óptimo (5,5) y la inmovilización de cationes presentes en el “top soil” almacenado.

La primera operación fue trasladar el topsoil hasta la terraza del depósito y extenderla, en una capa aproximada de 0,2 m para facilitar su secado natural. El balance para la campaña de secado y disgregación del topsoil en época de estiaje:

- Tiempo de secado natural : 5 días
- Tiempo de emplazamiento : 1 días
- Tiempo total secado/manipuleo : 6 días
- Volumen total de topsoil : 49 283 m³
- Campañas anuales : 1
- Duración de cada campaña integral: 5 meses
- Duración de cada campaña de secado: 4 meses
- Espesor de capa de topsoil en secado : 0,20 m

Siembra y Fertilización

En la siembra de pastos mejorados se utilizarón semillas de rápido enraizamiento. La cantidad de plantones o semilla (por especie) que se utilizarón para abastecer el proyecto fue: *Dactylis glomerata* (8 kg/ha), Rye grass italiano (*Lolium multiflorum*) y Trébol blanco, (*Trifolium repens*)(1 kg/ha). La segunda fase implicó la

implantación de macollos de Festuca en un distanciamiento de 80 x 80 cm. La siguiente tabla muestra la cantidad de semilla y macollos utilizadas para la siembra en el depósito de desmontes:

Tabla 22: Demanda de semillas en la Revegetación

Componente	Especie pastos introducidos			Especies nativas
	Trébol blanco (<i>Trifolium repens</i>)	<i>Dactylis glomerata</i>	Rye grass italiano (<i>Lolium multiflorum</i>)	Chillihuar (<i>Festuca dolycophila</i>)
Depósito de desmonte Suroeste	23 kg	184 kg	184 kg	308 019 de macollos

FUENTE: Consulcont S.A.C. (2008)

La fórmula de fertilización fue 50-80-0 para N-P-K a la siembra, aplicado al voleo y en forma fraccionada en dos o tres partes, durante los primeros 3 meses. La primera dosis se aplicó al primer mes de la siembra. Posteriormente al primer corte o uso, se aplicó un abono de mantenimiento de 50-40-60, realizándose 2 cortes o pastoreos por año, luego de cada uno se aplicó fertilizante.

Las demandas de fertilizante utilizado en la revegetación del depósito Este se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 23: Demanda de Fertilizantes en la Revegetación

Fertilizante utilizado	Cantidad (bolsas)
Nitrato de amonio	118
Super fosfato	118
Cloruro de potasio	39
TOTAL	276

FUENTE: Consulcont S.A.C. (2008)

Finalmente, en la siguiente tabla se presenta la demanda de agua que requiere el riego tecnificado del depósito para la revegetación:

Tabla 24: Demanda de riego tecnificado de los componentes revegetados

Indicador	Unidad	Cantidad
Índice	m ³ /ha/d	1,44
Área	ha	19,7
Caudal	m ³ /d	28,4
Tiempo	días/año	270
Volumen	m ³ /año	7 664

FUENTE: Consulcont S.A.C. (2008)

b.5) Estado actual (2016) de los componente de cierre

En el anexo 2. Mapas, se presentan los mapas GN-03 (1-2) y GN-03 (2-2). En los cuales se puede apreciar la ubicación conformación pasada y actual de los componentes de cierre. Asimismo se puede apreciar en el anexo 3, el panel fotográfico del estado actual del sitio y los trabajos realizados. Al término del primer semestre del año 2016, la situación actual de los componentes de cierre fue la siguiente:

b.5.1) Estabilidad física

El depósito de desmontes Este, cuenta con 13 puntos de control, de los cuales no se ha observado la variabilidad en los azimut, y de acuerdo a los datos obtenidos de los monitoreos se observa que la mayoría de los puntos se encuentran con leves desplazamiento horizontal de 0,10 a 7,30 cm y un desplazamiento vertical de 0,00 a -1,60 cm.

El depósito de desmontes Suroeste, cuenta con 11 puntos de control, los cuales demuestran variabilidad en los azimut en ciertos puntos, mientras que los desplazamientos se mantienen constantes. Teniendo un desplazamiento horizontal de 0,22 a 1,51 cm y un desplazamiento vertical de -0,20 a -1,50 cm.

b.5.2) Estabilidad química

Las Muestras del depósito de desmontes Este presenta Potencial Acido Bajo de entre 7,83 a 554,19 Kg. CaCO₃/T lo que indica el bajo potencial de generar Drenaje Acido y el pH en Pasta de estas muestras los cuales son obtenidos en Laboratorio al ser humedecida la muestra con agua desionizada presentan valores de entre 7,48 y 7,94 en este componente lo que nos indican un pH neutralizado lo cual disminuye la potencialidad de Generar Drenaje Ácido de este componente.

Las Muestras del Botadero Sur-Oeste presentan Potencial Ácido Bajo de entre 8,62 a 0,79 Kg CaCO₃/T lo que indica el bajo potencial de generar Drenaje Acido y el pH en Pasta de estas muestras los cuales son obtenidos en Laboratorio al ser humedecida la muestra con agua desionizada presentan valores de entre 7,29 y 7,57 en este componente, lo que nos indican un pH neutralizado con cierta tendencia a ser básico lo cual disminuye considerablemente la potencialidad de generar Drenaje Ácido de este componente.

b.5.3) Revegetación

El depósito de desmontes Este tiene un área de (516 262,92 m² Taludes, Banquetas y Accesos) hacen un total de 51,63 has en este componente se tiene revegetado el 100% de taludes, banquetas.

El área total del depósito de desmontes Sur-Oeste es de (232 705,12 m² Taludes, Banquetas y Accesos) hacen un total de 23,3 ha en este componente se tiene revegetado a la fecha el 100%, actualmente se viene realizando labores de mantenimiento de la zona revegetada, se observa además que los pastos nativos están copando espacios e incrementándose el número de especies por haber encontrado condiciones favorables un indicador de que la estabilidad biológica ansiada en este componente se está logrando.

Asimismo, se vienen realizando actividades de fertilización con urea y roca fosfórica con la finalidad de mejorar el rendimiento de los pastos y aumentar el follaje para un buen desarrollo de las plantas; así como la aplicación de enmienda orgánica (guano

de corral); aprovechamiento de forraje para para permitir que los rebrotes se desarrollen adecuadamente y el transplante de pastos nativos con la especie Chillihuar (*Festuca dolycophila*), en sistema de tres bolillo a un distanciamiento de 40 cm. entre planta y planta en forma de rombo.

a.6) Costos:

La inversión total realizada por Corporación Minera Centauro para el cierre del depósito de desmontes Este asciende a \$ 651 966,00 Para el cierre del depósito de desmontes Suroeste el monto de inversión asciende a \$ 210 872,00.

4.1.2. Análisis de actores involucrados en el desarrollo e implementación de las tecnologías de revegetación en tierras impactadas por actividades mineras en el Perú

La metodología utilizada para el proceso de identificación de actores claves se adaptó del estudio «Mapeo de Actores» propuesto por Tapella (2007), que tiene como base los enfoques de Pozo-Solís (2007) y EC-FAO (2006).

Para la identificación de los actores se utilizó la información contenida en los distintos Planes de Cierre de Minas y Pasivos Ambientales consultados, los perfiles de inversión pública elaborados para la formulación de los proyectos de remediación, resultados de encuestas de percepción y participación ciudadana en talleres y audiencias públicas y las distintas experiencias acumuladas en mi labor profesional.

a) Propuesta inicial de clasificación de actores

Los actores seleccionados involucrados en el desarrollo e implementación de las tecnologías de revegetación en tierras impactadas por actividades mineras en el Perú, se distribuyeron en seis grupos como se puede apreciar en la figura 4-5.

- Instituciones públicas (nacional, provincial o local).
- Instituciones privadas.

- Instituciones educativas.
- Organizaciones sociales.
- Personas con intereses particulares.

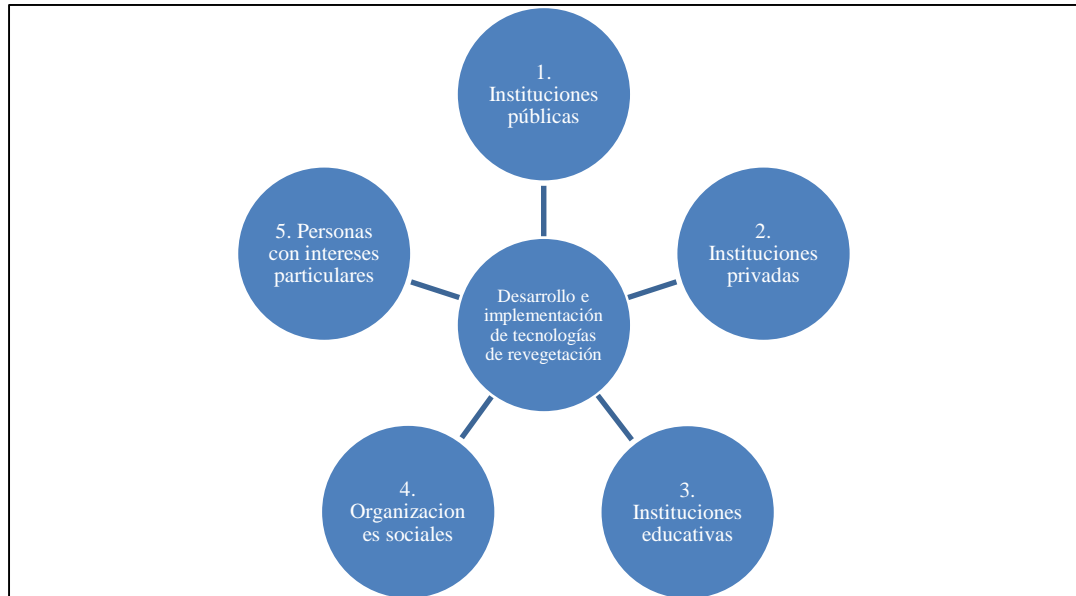


Figura 15: Grupos de actores claves relacionados con el desarrollo e implementación de tecnologías de revegetación

FUENTE: Elaboración propia

b) Identificación de funciones y roles de cada actor

A continuación se hace un breve recuento de cada uno de los grupos y los principales actores identificados.

b.1.1) Instituciones públicas

Ministerio del Ambiente

Creado por el Decreto Legislativo N° 1013, modificado por Decreto Legislativo N° 1039. Es el organismo del Poder Ejecutivo, rector del sector ambiental que desarrolla, dirige, supervisa y ejecuta la política nacional del ambiente. El sector ambiental comprende el Sistema Nacional de Gestión Ambiental como sistema funcional, el que integra al Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, al Sistema

Nacional de Información Ambiental y al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado.

Mediante el Decreto Supremo N° 007-2008-MINAM se aprobó el Reglamento de Organización y Funciones del MINAM. Esta norma establece la estructura orgánica del ente rector de la Política Ambiental Nacional. Precisa que la Alta Dirección del MINAM está conformada por el Despacho Ministerial, Viceministerio de Desarrollo Estratégico de Recursos Naturales, Viceministerio de Gestión Ambiental, Secretaría General, Comisión Multisectorial Ambiental y Comisión Consultiva Ambiental.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental-OEFA

En virtud a la Segunda Disposición Complementaria Final del Decreto Legislativo N° 1013 que aprueba la Ley de Creación, Organización y funciones del Ministerio del Ambiente, se crea el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental-OEFA, como organismo público técnico especializado, con personería jurídica de derecho público interno, adscrito al Ministerio del Ambiente y encargado de la fiscalización, la supervisión, el control y la sanción en materia ambiental.

Ministerio de Energía y Minas – MINEM

El Ministerio de Energía y Minas (MINEM), de acuerdo a su Reglamento de Organización y Funciones aprobado por el Decreto Supremo N° 031-2007-EM, es un organismo público integrante del Poder Ejecutivo, con personería jurídica de derecho público y ente rector del Sector Energía y Minas.

Dicha entidad tiene como objetivo promover el desarrollo integral y sostenible de las actividades minero-energéticas, normando, y/o supervisando, según sea el caso, el cumplimiento de las políticas de alcance nacional. Entre otras funciones generales, realiza las siguientes:

- Promover la inversión en el Sector:
- Dictar la normatividad general de alcance nacional en materias de su competencia
- Formular, y, en su caso, promover políticas de fomento y tecnificación de en minería

- Ejecutar y evaluar el inventario de los recursos mineros del país
- Otorgar, en nombre del Estado, concesiones y celebrar contratos, según corresponda, para el desarrollo de las actividades minero-energéticas de conformidad con la legislación sobre la materia
- Formular y aprobar los Planes Referenciales, los Planes de Desarrollo Sectorial y los Planes Estratégicos Sectoriales e Institucionales en el ámbito de su competencia
- Ser la autoridad ambiental competente para las actividades minero-energéticas
- Promover el fortalecimiento de las relaciones armoniosas de las empresas del Sector Energía y Minas con la sociedad civil o población involucrada con el desarrollo de sus actividades
- Ejecutar y evaluar el inventario de los recursos minero-energéticos del país.
- De conformidad con el artículo 3° de la Ley N° 28271, Ley que regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera, la identificación, elaboración y actualización del inventario de pasivos ambientales mineros serán efectuados por el Ministerio de Energía y Minas, a través de su órgano técnico competente.
- Mantener relaciones de coordinación sobre la gestión del desarrollo sectorial sostenible con los Gobiernos regionales y los Gobiernos locales.

El MINEM cuenta con dos Despachos Viceministeriales: el Despacho Viceministerial de Energía que tiene como órganos de línea a la Dirección General de Electricidad (DGE), la Dirección General de Electrificación Rural (DGER), la Dirección General de Hidrocarburos (DGH) y la Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos (DGAAE), y el Despacho Viceministerial de Minas que cuenta entre sus órganos de línea con la Dirección General de Minería (DGM) y la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros (DGAAM).

Dirección General de Minería-DGM

La DGM es el órgano técnico-normativo encargado de: (i) proponer y evaluar la política del Sector Minería; (ii) proponer y/o expedir, según sea el caso, la normatividad necesaria del Sector Minería; (iii) promover el desarrollo sostenible de las actividades de exploración y explotación, labor general, beneficio, comercialización y transporte minero; (iv) ejercer el rol concedente a nombre del Estado para el desarrollo de las actividades mineras, según le corresponda.

Dicha autoridad está constituida por la Dirección Normativa de Minería, la Dirección Técnica Minera y la Dirección de Promoción Minera. Depende jerárquicamente del Viceministro de Minas.

El artículo 6° del Reglamento de Pasivos Ambientales Mineros, aprobado por Decreto Supremo N° 059-2005-EM, modificado por el Decreto Supremo N° 003-2009-EM, indica que el Ministerio de Energía y Minas, a través de la Dirección General de Minería, está facultado a realizar todas las acciones que resulten necesarias para la identificación de los pasivos ambientales mineros, la elaboración y actualización del inventario, y la determinación de los responsables de las medidas de remediación ambiental correspondiente.

Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros-DGAAM

La DGAAM es el órgano técnico-normativo encargado de: (i) proponer y evaluar la política ambiental del Sector Minería, proponer y/o expedir la normatividad necesaria, así como promover la ejecución de actividades orientadas a la conservación y protección del medio ambiente referido al desarrollo de las actividades mineras, y (ii) promover el fortalecimiento de las relaciones armoniosas de las empresas sectoriales con la sociedad civil que resulte involucrada con las actividades del Sector. Está a cargo de un Director General quien depende jerárquicamente del Viceministro de Energía.

Dicha autoridad está constituida por la Dirección Normativa de Asuntos Ambientales Mineros y la Dirección de Gestión Ambiental Minera; y depende jerárquicamente del Viceministro de Minas.

La Dirección de Gestión Ambiental Minera es el órgano encargado de proponer y evaluar la política y los planes para garantizar el desarrollo sostenible de las actividades mineras así como evaluar y recomendar la aprobación o desaprobación de los estudios ambientales y sociales presentados al Ministerio de Energía y Minas.

La DGAAM, según procedimiento TUPA N° 83 del MINEM, será la dirección competente para la evaluación del Plan de Cierre, en virtud al artículo 17° del Reglamento de la Ley del SEIA que establece que, salvo que la Ley disponga algo distinto, la Autoridad Competente a quien corresponde solicitar la Certificación Ambiental, es aquella del sector correspondiente a la actividad del titular por la que esta obtiene sus mayores ingresos brutos anuales.

Ministerio de Economía y Finanzas

El Ministerio de Economía y Finanzas es un organismo del Poder Ejecutivo, cuya organización, competencia y funcionamiento está regido por el Decreto Legislativo N° 183 y sus modificatorias. Está encargado de planear, dirigir y controlar los asuntos relativos a presupuesto, tesorería, endeudamiento, contabilidad, política fiscal, inversión pública y política económica y social. Asimismo diseña, establece, ejecuta y supervisa la política nacional y sectorial de su competencia asumiendo la rectoría de ella.

PROINVERSIÓN

La Agencia de Promoción de la Inversión Privada – PROINVERSIÓN, es un organismo público ejecutor, adscrito al Ministerio de Economía y Finanzas, con personería jurídica de derecho público, autonomía técnica, funcional, administrativa, económica y financiera. Constituye un pliego presupuestal.

PROINVERSIÓN promueve la incorporación de inversión privada en servicios públicos y obras públicas de infraestructura, así como en activos, proyectos y empresas del Estado y demás actividades estatales, en base a iniciativas públicas y privadas de competencia nacional, así como en apoyo a los entes públicos responsables a su solicitud, a quienes brinda soporte de asistencia técnica especializada.

PROINVERSIÓN podrá suscribir convenios de asesoría y/o actuar bajo la modalidad de encargo.

En adición atiende, orienta y canaliza las dificultades que enfrentan los inversionistas durante la ejecución de las inversiones y operaciones comprometidas en los contratos suscritos y derivados de los procesos de promoción a cargo de PROINVERSIÓN.

PROINVERSIÓN ejerce sus competencias a nivel nacional. Tiene su sede principal en la ciudad de Lima, pudiendo contar con oficinas en otras ciudades del país.

FONAFE

El Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado – FONAFE es una empresa de Derecho Público adscrita al Sector Economía y Finanzas creada por la Ley No. 27170, que fue promulgada el día 08.09.99, se publicó el día 09.09.99 y entró en vigencia el día 10.09.99, por lo que recién nace FONAFE el día 10.09.99 como la Entidad encargada de normar y dirigir la actividad empresarial del Estado. Al momento de su creación, FONAFE asumió las funciones de la desaparecida Oficina de Instituciones y Organismos del Estado –OIOE

De acuerdo a lo dispuesto por el artículo 9º del Reglamento de la Ley No. 27170, aprobado mediante Decreto Supremo No. 072-2000-EF, modificado mediante Decreto Supremo No. 115-2004-EF, FONAFE cuenta con un Directorio conformado por seis miembros, todos ellos Ministros de Estado de los siguientes sectores: Economía y Finanzas; Transportes y Comunicaciones; Vivienda, Construcción y Saneamiento; Energía y Minas; el Ministro a cuyo sector esté adscrito PROINVERSIÓN; y, Presidencia del Consejo de Ministros. Sin embargo, dado que PROINVERSIÓN se encuentra adscrita al Ministerio de Economía y Finanzas, en la práctica el Directorio de FONAFE está compuesto por cinco Ministros de Estado, quienes tienen entre sus facultades principales, las siguientes:

- Ejercer la titularidad de las acciones representativas del capital social de todas las empresas (creadas o por crearse) en las que participa el Estado y administrar los recursos provenientes de dicha titularidad.

- Aprobar el presupuesto consolidado de las empresas en las que FONAFE tiene participación mayoritaria, en el marco de las normas presupuestales correspondientes.
- Aprobar las normas de gestión en dichas empresas.
- Designar a los representantes ante la Junta General de Accionistas de las empresas en las que tiene participación mayoritaria.

Bajo el ámbito de FONAFE se encuentran únicamente las empresas que cuentan con participación mayoritaria del Estado, sea que dichas empresas se encuentren activas o en proceso de liquidación. Asimismo, se encuentran bajo su ámbito las empresas que le han sido entregadas por encargo.

Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI

El MINAGRI tiene como lineamientos dictar las normas de alcance nacional en su sector, realizar seguimiento y evaluación de la aplicación de las mismas, en las siguientes materias: protección, conservación, aprovechamiento y manejo de los recursos naturales renovables (agua, suelos, flora y fauna silvestre).

El Ministerio de Agricultura cuenta, entre otros, con la Dirección General de Asuntos Ambientales, la Dirección General Forestal y Fauna Silvestre, la Dirección General de Infraestructura Hidráulica y un órgano adscrito que es la Autoridad Nacional del Agua-ANA.

Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios del MINAGRI

Es la encargada de ejecutar los objetivos y disposiciones del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, en el ámbito de su competencia. Entre sus funciones se encuentran: aprobar los estudios de impacto ambiental del sector agrario y emitir opinión en los procedimientos de evaluación de impacto ambiental que le sean referidos por otros sectores o por el Ministerio del Ambiente.

De conformidad con el artículo 1° del Decreto Supremo N° 056-97-PCM, los Estudios Ambientales de los diferentes sectores productivos que consideren

actividades y/o acciones que modifican el estado natural de los recursos naturales renovables, agua, suelo, flora y fauna, previamente a su aprobación por la autoridad sectorial competente, requerirán opinión técnica del Ministerio de Agricultura.

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre-SERFOR

Es un organismo técnico especializado, adscrito al MINAGRI, que se constituye en la autoridad nacional forestal y de fauna silvestre orientada a liderar una gestión forestal y de fauna silvestre sostenible, inclusiva y competitiva, que permita estar al nivel de los desafíos que generan el cambio climático y la presión que se ejerce sobre los bosques del mundo.

Es la encargada de proponer políticas, estrategias, normas, planes, programas y proyectos nacionales relacionados al aprovechamiento sostenible de los recursos forestales y de fauna silvestre, de los recursos genéticos asociados en el ámbito de su competencia, en concordancia con la Política Nacional del Ambiente y la normativa ambiental. Otorga las autorizaciones de desbosque.

Autoridad Nacional del Agua-ANA

Mediante el Decreto Legislativo N° 997 se crea la Autoridad Nacional del Agua como organismo público adscrito al Ministerio de Agricultura responsable de dictar las normas y establecer los procedimientos para la gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos.

La ANA funciona con órganos desconcentrados denominados Autoridades Administrativas del Agua (AAA), así como Administraciones Locales del Agua (ALA). El Reglamento de Organización y Funciones (ROF) de la ANA se encuentra regulado en el Decreto Supremo N° 006-2010-AG, publicado con fecha 07 de julio del 2010.

Gobierno Regional

Los órganos de Gobierno de las Regiones son dos: la Presidencia Regional y el Consejo Regional. Se ha utilizado en la normativa el modelo sectorizado del Gobierno Nacional para replicar las funciones, atribuciones y responsabilidades que corresponden a estas autoridades descentralizadas. La Presidencia Regional es el órgano ejecutivo y tiene en las gerencias la parte operativa de las competencias que ejercen los Gobiernos Regionales. El Consejo Regional cumple funciones similares a las del Congreso de la República, siendo sus competencias de carácter legislativo y fiscalizador.

Dirección Regional de Energía y Minas-DREM

De acuerdo con la Ley de Bases de la Descentralización, Ley N° 27783, las Regiones tienen competencias compartidas con el Gobierno Nacional para alentar la concertación entre los intereses públicos y privados en todos los niveles como parte de las actividades de participación ciudadana, para realizar la promoción, gestión y regulación de actividades económicas y productivas en su ámbito y nivel correspondientes, entre otros, a los sectores energía, hidrocarburos, minas y medio ambiente.

En este sentido, la Dirección Regional de Energía y Minas (DREM) asume el rol promotor y fiscalizador para el desarrollo integral de la actividad minero-energético y ambiental, en concordancia con la política general del Gobierno y los planes sectoriales de desarrollo en su ámbito. A la fecha, se viene coordinando la transferencia de una serie de funciones y competencias en relación a la participación ciudadana en la formulación, debate y concertación de planes de desarrollo, presupuestos y gestión pública.

La DREM tiene participación directa durante la ejecución de mecanismos de participación ciudadana.

Gobierno Local

Son las Municipalidades Provinciales y Distritales, delegadas conforme a Ley, las que constituyen,-de acuerdo a la Constitución Política del Perú, los órganos de Gobierno Local. Tienen autonomía política, económica y administrativa en los asuntos de su competencia.

Los Gobiernos Locales ejercen sus funciones ambientales sobre la base de sus leyes correspondientes y deben implementarlas con los órganos que definan, dado que a diferencia de los Gobiernos Regionales, las Municipalidades no están obligadas a contar con una unidad ambiental específica

b.1.2) Instituciones privadas

Empresas mineras

Las empresas mineras, desarrollan actividades de exploración, explotación y beneficio, poseen las concesiones mineras respectivas y son los responsables en materia legal de las acciones de su plan de minado. En relación al desarrollo de tecnologías de revegetación son los principales interesados en el desarrollo de las mismas puesto que ello repercute en la reputación de las mismas y el desarrollo de sus proyectos.

Empresas público privadas

Específicamente Activos Mineros S.A.C., la cual es la empresa público privada encargada del cierre de pasivos ambientales en el país, la cual se creó el 12 de julio de 2006 por acuerdo del Consejo Directivo de PROINVERSIÓN (DL 674); cambiándose la denominación social de Empresa Minera Regional Grau Bayóvar S.A. por Activos Mineros S.A.C.

El principal objetivo de AMSAC es remediar los pasivos mineros que le encarga el Estado (Ministerio de Energía y Minas, PROINVERSIÓN y el FONAFE). También figura entre sus responsabilidades el mantenimiento de los pasivos ya remediados.

Empresas consultoras

Los consultores nacionales y extranjeros son legal y económicamente responsables de la validez científica y técnica de los estudios contratados y su aplicabilidad, dentro de los términos contractuales, las condiciones de información básica disponible y el conocimiento científico y tecnológico existente a la época de su elaboración. En relación al desarrollo de tecnologías son los responsables de proponer y realizar los estudios necesarios, así como el diseño de las medidas de cierre a realizar.

b.1.3) Instituciones educativas

Universidades públicas y privadas

En su concepción básica, una universidad es realizar funciones de docencia, investigación y extensión, en relación al desarrollo e implementación de tecnologías de revegetación desempeña el rol de promotor de la investigación, así como la publicación y extensión del conocimiento desarrollado a la sociedad.

b.1.4) Organizaciones sociales

Asociaciones de trabajadores mineros

Desempeñan labores de aprovechamiento minero en algunos casos dentro del desarrollo de minería artesanal e informal, en muchos casos se oponen al cierre de pasivos mineros en vista de que ven en los componentes de cierre alguna oportunidad de beneficio o reaprovechamiento obstaculizando el desarrollo e implementación de cierre de minas.

Comunidades de campesinas

Las asociaciones de comuneros o poblaciones dentro del área de influencia de proyectos mineros, suelen ser la mano de obra no calificada para la implementación,

construcción y monitoreo de las medidas de cierre, aunque en algunos casos suelen oponerse a las actividades de cierre por desconfianza o mal información.

b.1.5) Personas con intereses particulares

Tal como se consignó en la experiencia de Colquirrumi, existen personas con intereses particulares en relación a la posesión superficial del terreno, lo cual lleva a impedir u obstaculizar el emprendimiento de proyectos de remediación de pasivos; en ciertos casos con el objetivo de obtener algún beneficio económico u político.

c) Análisis de actores

A continuación se presenta el análisis cualitativo de los actores identificados en la sección b, la cual se realizó mediante la identificación de relaciones predominantes y los niveles de poder particulares.

Tabla 25: Análisis de actores

Actor	Relaciones predominantes	Niveles de poder
MINAM	A favor	Alto
MINEM	A favor	Alto
MEF	A favor / Indiferente	Medio
MINAGRI	A favor	Medio
Gobierno Regional	A favor / Indiferente	Medio
Gobierno Local	A favor / Indiferente	Bajo
Empresas Mineras	A favor / Indiferente	Alto
Empresas público – privadas	A favor / Indiferente	Medio
Empresas consultoras	A favor / Indiferente	Medio
Universidades públicas y privadas	A favor	Alto
Asociaciones de trabajadores mineros	Indiferente / En contra	Medio
Comunidades campesinas	A favor / Indiferente	Medio

« Continuación »

Actor	Relaciones predominantes	Niveles de poder
Personas con intereses particulares	Indiferente / En contra	Bajo

FUENTE: Elaboración propia

d) Matriz de actores

Como un análisis inicial, a cada uno de los actores identificados se les ha otorgado un nivel de poder (alto, medio y bajo) y un nivel de interés en el objetivo de Desarrollo e implementación de tecnologías de revegetación (a favor, indiferente y en contra), los cuales dependen del grado de intervención que tienen en el desarrollo de proyectos mineros, tal como se muestra en la siguiente figura:

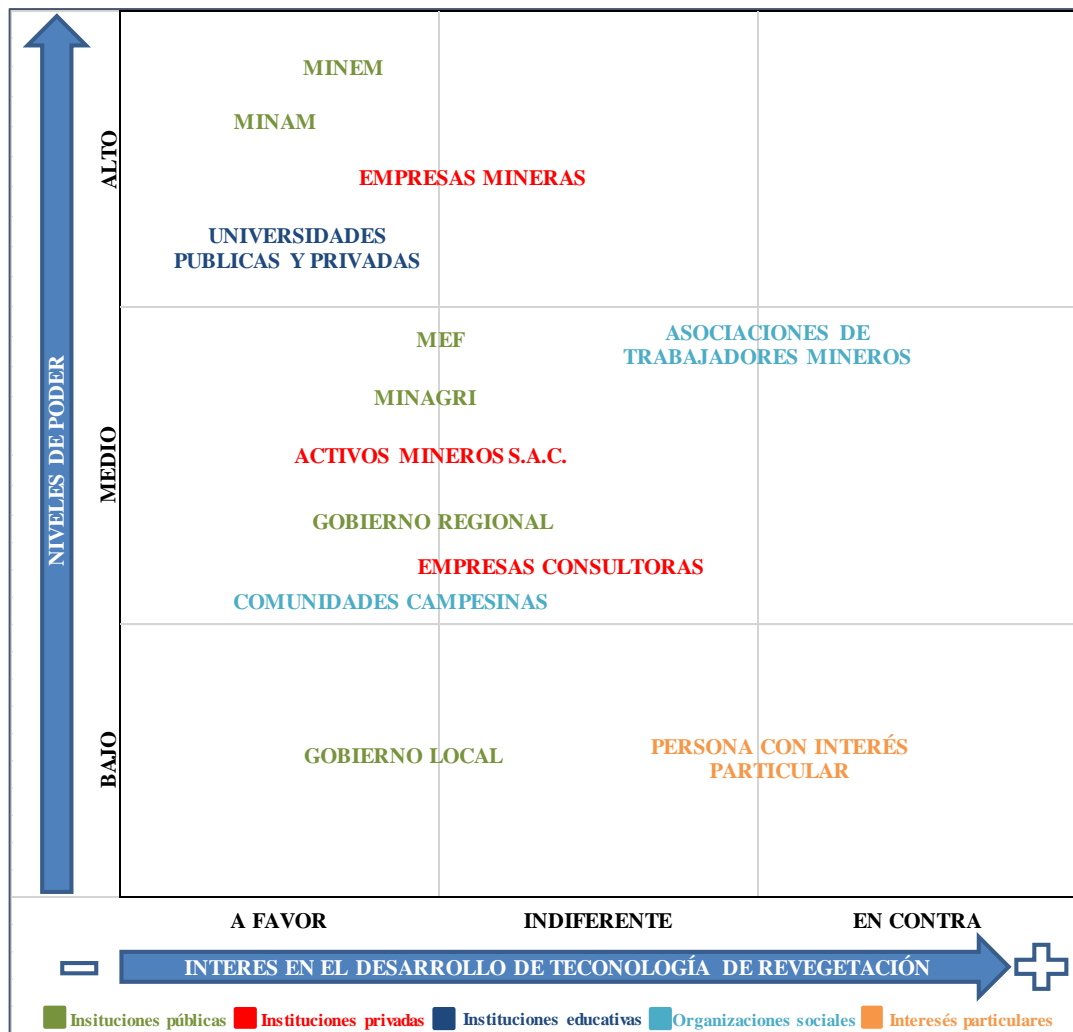


Figura 16: Matriz de actores

FUENTE: Elaboración propia

e) **Relaciones y redes sociales existentes**

Finalmente, se superpone y establece las relaciones y redes existentes entre los diferentes tipos de actores identificados. Los resultados obtenidos pueden apreciarse en la siguiente figura:

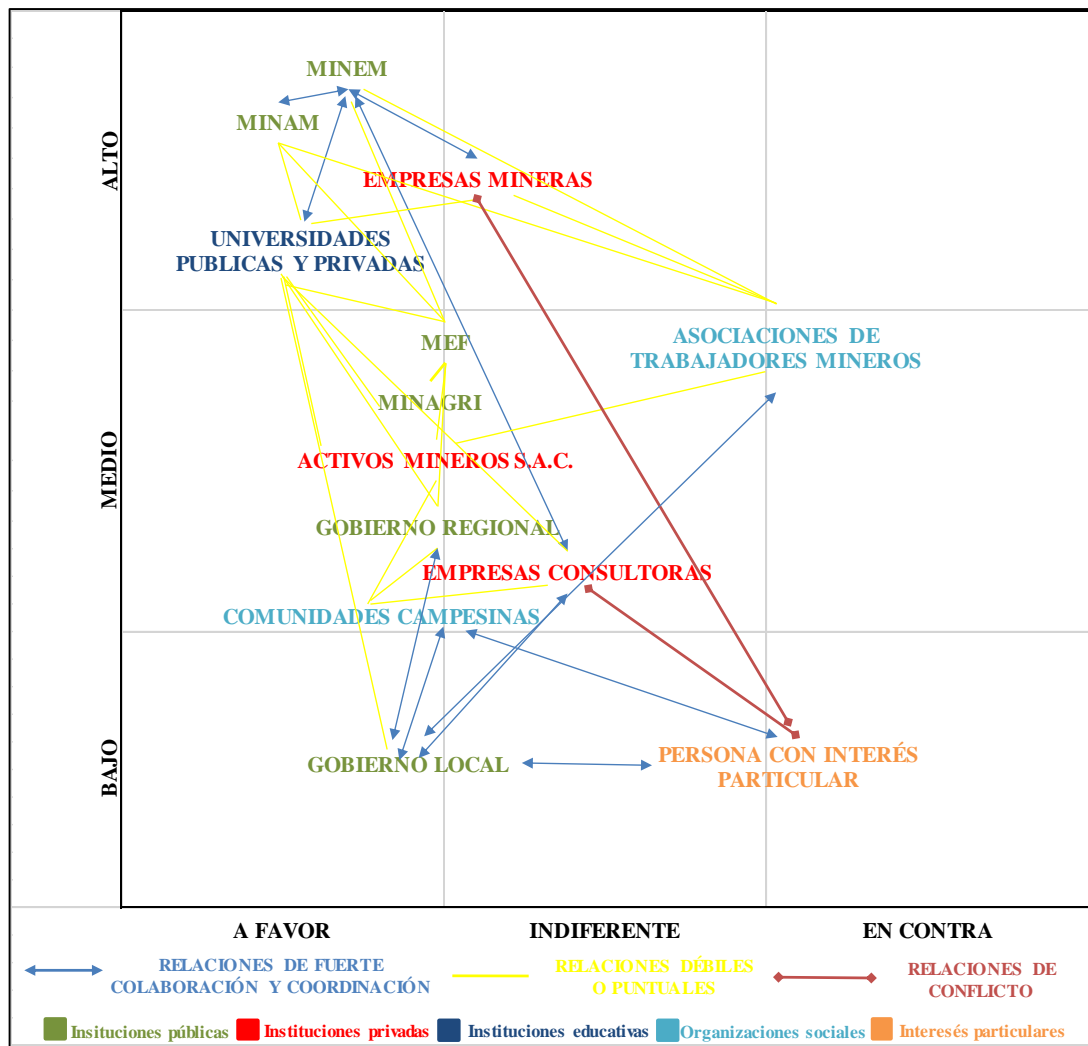


Figura 17: Mapa de actores y redes existentes

FUENTE: Elaboración propia

4.2. Discusión

4.2.1. Experiencias exitosas de revegetación en tierras impactadas por actividades mineras en el Perú

- En el caso de la experiencia de la Compañía Minera Colquirrumi – Sector San Agustín para el establecimiento de la cobertura vegetal no se utilizó geomembrana ni un encalado específico puesto que se realizaron estudios geotécnicos e hidrológicos que sustentaban el no contacto de los componentes de cierre con aguas subterráneas; se precisa que el uso de las capas de suelo de baja permeabilidad, suelo de cultivo y vegetación brindan el encapsulamiento del relave.
- En el prendimiento de las especies utilizadas se observa predominancia de los pastos cultivados (rye grass, trébol rojo y trébol blanco), los cuales pueden verse influenciados por las condiciones de suelo existentes en la zona, sin embargo de acuerdo a la información disponible existe cierta incertidumbre en relación al seguimiento de los factores edáficos actuales de la zona en estudio.
- En el caso de la experiencia de la Corporación Minera Centauro – U.M. Quicay la revegetación de los desmontes Este y Suroeste, tampoco utilizó geomembrana, sin embargo la red de drenaje interno si se encuentra recubierta con geotextil, el encalado se realizó en base a las características geoquímicas específicas del material de desmonte, permitiendo un correcto dimensionamiento con la capa semipermeable compactada, la ventaja de las medidas de cierre planteadas para esta experiencia radica en que al ser un cierre progresivo la disponibilidad de topsoil (el cual fue caracterizado y almacenado como actividad de cierre progresivo) y la información hidroclimática es adecuada para poder dimensionar las actividades en base a los criterios teóricos aplicables. El prendimiento de pastos cultivados (trébol blanco, pasto ovillo y rye grass italiano) y sobretodo el de pastos nativos, específicamente en la especie Chillihuar (*Festuca dolycophila*) indican un buen manejo en el cierre planteado.
- A pesar de la disponibilidad de la guía para el diseño de coberturas de depósitos de residuos mineros, las medidas planteadas en los planes de cierre se enfocan en el diseño de estabilidad física y química de los componentes evitando enriquecer el análisis mediante el dimensionamiento y análisis adecuado de factores como la

intercepción de gotas de lluvia, retención de agua, drenaje por el follaje, efectos de la infiltración, etc.

- En vista de que desde el diseño de ingeniería se dimensiona el encapsulamiento del residuo minero asegurando de esta forma el no contacto con la estructura radicular de la planta, en ninguna de las experiencias analizadas se realizan análisis foliares para evaluar alguna posible bioacumulación de metales en la planta.

4.2.2. Análisis de actores involucrados en el desarrollo e implementación de las tecnologías de revegetación en tierras impactadas por actividades mineras en el Perú

- El desarrollo e implementación de tecnologías de revegetación en tierras impactadas por actividades mineras en el Perú, no considera el entorno social e institucional y el fortalecimiento de relaciones entre las partes interesadas como un factor crítico para su desarrollo, en un país como el nuestro en el cual los conflictos sociales, vienen paralizando proyectos es primordial considerar fortalecer la cooperación interinstitucional para facilitar la implementación de los diseños y medidas planteadas desde lo estrictamente técnico.
- Tal como se puede apreciar en el mapa de actores elaborado, si bien es cierto que existen procesos de participación ciudadana que buscan promover el dialogo entre la sociedad civil, la empresa y el estado; existen actores como las universidades, con las cuales se podría fortalecer las relaciones con el objetivo de brindar una mayor confianza a la sociedad civil; la cual en muchos casos aún desconfía del papel desarrollado por el estado en su rol de mediador con el sector privado.
- No se ha encontrado un análisis específico de actores involucrados en el desarrollo de proyectos de este tipo en vista de que en general se analizan las partes interesadas desde una perspectiva de participación ciudadana para la obtención de la certificación ambiental desarrollada por las empresas mineras.

V. CONCLUSIONES

1. De las catorce experiencias presentadas, dos de ellos son casos descritos a nivel de detalle como son el cierre de depósitos de desmontes en gran minería de la Corporación Minera Centauro y el cierre de depósitos de relaves calificados como PAMs en abandono asumidos por la Compañía Minera Colquirrumi. De acuerdo a la relación positiva entre los diseños elaborados y resultados obtenidos es posible calificarlos como experiencias exitosas en vista que los monitoreos de estabilidad física, química y biológica en ambos casos es positiva, lo que demuestra que la ejecución bien desarrollada del cierre de minas no solo garantiza la restitución del ecosistema impactado, ayuda también a mantener una licencia social permanente, incorpora a la minería como una actividad generadora de desarrollo en la zona de influencia.
2. El enfoque del análisis de actores (MINAM, MINEM, MEF, MINAGRI, Gobierno Regional, Gobierno Local, empresas mineras, empresas público – privadas, empresas consultoras, universidades públicas y privadas, asociaciones de trabajadores mineros, comunidades campesinas y personas con intereses particulares) realizado sugiere que el desarrollo e implementación de tecnologías de revegetación puede mejorar en la implementación de los mismos en la medida que se logre fortalecer los vínculos y relaciones entre los actores con relaciones débiles como son las empresas mineras y personas con intereses particulares con el apoyo y supervisión de las autoridades representadas por el MINEM, ANA y el MINAM, de igual forma es importante impulsar la participación de actores como las instituciones educativas, con lo cual se puede obtener la licencia social del proyecto.

3. La recuperación del paisaje en las zonas de estudio se ha visto sensiblemente mejorado en relación al pasado, el impacto paisajístico es evidentemente superior en el cierre de pasivos ambientales, puesto que los componentes mineros abandonados tienen mayor accesibilidad para la población que los proyectos mineros en cierre progresivo donde las medidas de cierre se desarrollan paralelamente a la fase de explotación del proyecto y el acceso a las unidades mineras es restringido.
4. La replicabilidad de los proyectos de cierre de pasivos ambientales como el cierre progresivo de minas tiene que partir desde la premisa que cada lugar posee características específicas de diseño, en tal sentido el éxito u fracaso de la implementación de las tecnologías expuestas en el presente trabajo dependerán en gran medida de la disponibilidad y/o generación de información base de calidad, lo cual permita un diseño específico al medio donde se realizará el cierre deseado, obteniendo costos unitarios competitivos alentando a las empresas a invertir en el desarrollo y mejora de las tecnologías de cierre existentes.
5. En el Perú, existen un total 8 616 PAMs identificados, los cuales necesitan ser remediados y reincorporados al ecosistema; la planeación y diseño del cierre es diferente al de una mina en operación, debido a que en el primer caso no se tiene una línea base para el dimensionamiento de actividades, uno de los principales limitantes en el éxito del cierre es la obtención de topsoil de calidad, para garantizar el soporte físico de las plantas seleccionadas para la revegetación.

VI. RECOMENDACIONES

- El presente trabajo es una aproximación a la sistematización de las experiencias realizadas, presenta un resumen documentado de las experiencias seleccionadas, las cuales pueden ser enriquecidas por investigadores particulares o promovida por las entidades interesadas en la promoción y fortalecimiento de las medidas de cierre con enfoque de sostenibilidad de los proyectos mineros y la mejora de las relaciones con la comunidad así como la recuperación y fortalecimiento de la confianza en la minería moderna.
- Para la siembra de pastos nativos, se recomienda la instalación de huertos semilleros de especies nativas, en las instalaciones de la mina o en condiciones similares a las presentes en la zona desde el diseño del proyecto, la principal ventaja de esta alternativa es poseer semilla desarrollada bajo condiciones ambientales similares en las cuales serán sembradas con lo cual la probabilidad de éxito es superior.
- Se debe registrar adecuadamente los logros obtenidos en las diferentes experiencias de revegetación que realicen las compañías mineras, la responsabilidad del registro y divulgación de los resultados debe ser realizado por el MINEM y el MINAM, bajo formatos de fácil accesibilidad y entendimiento para la población.
- El siguiente reto dentro del desarrollo de tecnología de revegetación de suelos impactados por actividades mineras, se encuentra la transferencia de las tierras remediadas para la operación y mantenimiento de los espacios revegetados a las comunidades y/o usuarios directos de los servicios ecosistémicos de las pasturas o tierras de cultivo remediadas; para lo cual es imprescindible fortalecer los vínculos de cooperación y capacitar a la poblaciones beneficiaria de la reincorporación al ecosistema de los ex componentes mineros revegetados.

- Es importante diferenciar claramente los conceptos de fitoremediación y revegetación de áreas degradadas, puesto que la primera es una técnica de descontaminación biológica, la cual utiliza las propiedades particulares de diferentes especies vegetales en contacto con el contaminante lo acumulen, inmovilicen extraigan o lo volatilicen según sea el caso. Las tecnologías de revegetación estudiadas son tecnologías que incluye el tratamiento biológico, confinamiento y contención de contaminantes; asumiendo que de acuerdo al éxito del diseño propuesto no existe contacto directo del contaminante al cual se confina y/o inmoviliza permitiendo el uso sostenible del suelo en las capas artificiales construidas.

- Es primordial establecer estrategias que disminuyan la desconfianza por parte de las comunidades y la sociedad civil hacia la actividad minera peruana, pues los conflictos que generan, se deben en parte a los problemas derivados del cierre de operaciones mineras ocurridos antes de la promulgación de la ley N° 28090 (Ley de Cierre de Minas y su reglamento). La actual legislación pretende resolver dichos problemas y establecer garantías financieras frente a eventualidades. Como parte de las acciones necesarias para revertir dicha imagen, se encuentra la promoción y divulgación de los logros obtenidos en los procesos de cierre realizados a nivel nacional.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ambere Consultores S.A.C. 2013. Estudio hidrogeoquímico de la zona de relaves San Agustín a fin de establecer las condiciones naturales de las aguas acidas y su relación con los depósitos de relaves Compañía Minera Colquirrumi S.A. Lima, Perú. 291 p.
- Cesel S.A. 2006. Plan de Cierre de Pasivos Ambientales de la Unidad Minera Colquirrumi. Lima, Perú. 2262p.
- Cesel S.A. 2010. Modificación del Plan de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros Unidad Minera Colquirrumi – Área Hualgayoc – Sector 2. Lima, Perú. 30 p
- Compañía Minera Colquirrumi S.A. 2013. Primer Informe Semestral de cumplimiento del Plan de Cierre de Pasivos Ambientales correspondiente a la etapa post cierre área: Hualgayoc. Lima, Perú. 316 p.
- Compañía Minera Colquirrumi S.A. 2013. Segundo Informe Semestral de cumplimiento del Plan de Cierre de Pasivos Ambientales correspondiente a la etapa post cierre área: Hualgayoc. Lima, Perú. 598 p.
- Compañía Minera Colquirrumi S.A. 2014. Primer Informe Semestral de cumplimiento del Plan de Cierre de Pasivos Ambientales correspondiente a la etapa post cierre área: Hualgayoc. Lima, Perú. 366 p.
- Compañía Minera Colquirrumi S.A. 2014. Segundo Informe Semestral de cumplimiento del Plan de Cierre de Pasivos Ambientales correspondiente a la etapa post cierre área: Hualgayoc. Lima, Perú. 173 p.

- Compañía Minera Colquirrumi S.A. 2015. Primer Informe Semestral de cumplimiento del Plan de Cierre de Pasivos Ambientales correspondiente a la etapa post cierre área: Hualgayoc. Lima, Perú. 191 p.
- Compañía Minera Colquirrumi S.A. 2015. Segundo Informe Semestral de cumplimiento del Plan de Cierre de Pasivos Ambientales correspondiente a la etapa post cierre área: Hualgayoc. Lima, Perú. 189 p.
- Congreso de la República. Diario de los debates. (23 de Junio de 2016). Diario de los Debates. Exposición de Motivos de la Ley que regula los pasivos ambientales históricos de la actividad minera. Obtenido de Congreso de La República. Disponible en: http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/TraDocEstProc/TraDoc_condoc_2001.nsf/d99575da99ebf30
- Consulcont S.A.C. 2008. Plan de Cierre de Mina U.E.A. Quicay. Lima, Perú. 177 p.
- Corporación Minera Centauro S.A.C. 2013. IX Informe Semestral de rehabilitación progresiva y monitoreo del Cierre de Mina Quicay. Lima, Perú. 225 p.
- Corporación Minera Centauro S.A.C. 2013. VIII Informe Semestral de rehabilitación progresiva y monitoreo del Cierre de Mina Quicay. Lima, Perú. 223 p
- Corporación Minera Centauro S.A.C. 2014. X Informe Semestral de rehabilitación progresiva y monitoreo del Cierre de Mina Quicay. Lima, Perú. 283 p.
- Corporación Minera Centauro S.A.C. 2014. XI Informe Semestral de rehabilitación progresiva y monitoreo del Cierre de Mina Quicay. Lima, Perú. 366 p.
- Corporación Minera Centauro S.A.C. 2015. XII Informe Semestral de rehabilitación progresiva y monitoreo del Cierre de Mina Quicay. Lima, Perú. 207 p.
- Corporación Minera Centauro S.A.C. 2015. XIII Informe Semestral de rehabilitación progresiva y monitoreo del Cierre de Mina Quicay. Lima, Perú. 276 p.

- Corporación Minera Centauro S.A.C. 2016. XIV Informe Semestral de rehabilitación progresiva y monitoreo del Cierre de Mina Quicay. Lima, Perú. 265 p.
- Defensoría del pueblo. 2015. Un llamado a la remediación. Avances y pendientes en la gestión estatal frente a los pasivos ambientales mineros e hidrocarburíferos. Lima, Perú, Voreno E.I.R.L. 198p. Serie Informes Defensoriales. Informe N° 171
- Defensoría del pueblo. 2016. Reporte de conflictos sociales N.º 151. Lima. Disponible en: <http://www.defensoria.gob.pe/modules/Downloads/conflictos/2016/Reporte-Mensual-de-Conflictos-Sociales-N-151-Septiembre-2016.pdf>
- Flores, A.; Malpartida, E. 1980. Estudios Autoecológicos de las Principales especies forrajeras nativas de los pastizales de Pampas Galeras. Lima, Perú.: UNALM.
- FONAM. Nuestras Áreas: Pasivos Ambientales. FONAM. Consultado 19 set. 2016. Disponible en:: <http://fonamperu.org/web/tipos-de-pasivos-ambientales-mineros/>
- Geoservice Perú S.A.C. 2013. Tercera Modificatoria del Plan de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros de la Unidad Minera Colquirrumi. Lima, Perú. 142 p.
- Guerrero Rojas, J; 2013. Aspectos biológicos en la generación de aguas acidas de mina. *In* Cierre de Minas, Restauración y Remediación de Pasivos Ambientales. ICAP, 2013. Lima, Perú.
- HGS Perú S.A. 2012. Actualización del estudio hidrológico-hidrogeológico de la Unidad Minera Quicay. Lima, Perú. 115 p.
- Instituto de Estudios Peruanos; OXFAM; CIPCA Perú; Perú Support Group. 2007. Minería y Desarrollo en el Perú, Con especial referencia al proyecto Río Blanco, Piura. Lima, Perú. 112 p.

- Karlen, D.L; Mausbach, M.J; Doran, J.W; Cline, R.G; Harris, R.F; Schuman, G.E. 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. Soil Science Society of America J. 61: 4-10.
- Macías, F. 1993. Contaminación de suelos: algunos hechos y perspectivas. En: Ortiz Silla, R., (Ed.), Problemática Geoambiental y Desarrollo, Tomo I, pp. 53-74. V Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Murcia, España.
- Macías, F. 1996. Los suelos de mina: Su recuperación. En: Aguilar, J., Martínez, A. y Roca, A., (Eds.), Evaluación y Manejo de Suelos, pp. 227-243.
- MINEM. 2016. Informe Preliminar Inventario de Pasivos Ambientales Mineros. Lima. Consultado 28 ago. 2016. Disponible en: <http://minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/INFORMES/PASIVOS/DATA/INFORME%20JUNIO%202006.pdf?ojqxbcoaaaaakld?mfignaynksbtkep>
- MINEM. Guías: Ministerio de Energía y Minas. Consultado 30 set. 2016. Disponible en: <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/vegetacion.PDF>
- MINAM. 2014. Guía para el muestreo de suelos contaminados. Lima, Perú: Mavet impresiones E.I.R.L. 38p. Disponible en: http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf
- Oblasser, A.; Chaparro, E. 2008. Estudio comparativo de la gestión de los pasivos ambientales mineros en Bolivia, Chile, Perú y Estados Unidos. Santiago de Chile: Naciones Unidas. 81 p.
- OM Ingeniería y laboratorio S.R.L. 2013. Ingeniería de detalle de las obras de cierre de los depósitos de relaves sector San Agustín - Hualgayoc. Lima, Perú. 427 p.

- Ortiz, I; Sanz, J; Dorado, M; Villar, S. 2007. Técnicas de recuperación de suelos contaminados. Madrid, España, Elecé Industria Gráfica. Pp 6-7. Informe de vigilancia tecnológica.
- Pomachagua Quijada, E. (2015). Cierre de minas en minería a tajo abierto: Experiencias de cierre progresivo en botaderos de desmonte. Revista Minería N° 455, 43-44. Consultado 13 oct. 2016. Disponible en: <http://mineriaonline.com.pe/pageflipx/455/>
- Reynel, C; Felipe, C. M. 1987. Agroforestería tradicional en los Andes del Perú. Lima, Perú. Proyecto FAO/HOLANDA/INFOR.
- Singer, M.J.; Ewing, S. (2000). Soil Quality. En Handbook of Soil Science. Chapter 11 (ed. Sumner, M. E.), 271-298, CRC Press, Boca Raton, Florida, EE.UU.
- Sotomayor, A. Remediación de Pasivos Ambientales Mineros: Metas del Perú al bicentenario. Obtenido de Metas del Perú al bicentenario. Consultado 15 ago. 2016. Disponible en: <http://www.metasbicentenario.consortio.edu.pe/wp-content/uploads/2015/07/Documento-Completo-Consortio-Universidad-A.-Sotomayor.pdf>
- Suarez Díaz, J. 2001. Control de erosión en zonas tropicales. Bucaramanga: División Editorial y de Publicaciones Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. 553p.
- Tecnología XXI S.A. 2012. Actualización del Plan de Cierre de Mina U.E.A. Quicay. Lima, Perú. 436 p.
- MINEM (Ministerio de Energía y Minas); PERCAN (Programa de cooperación Perú – Canadá); Wilson, W; Brussiere, B; Guerrero Barrantes, J. A. 2007. Guía para el diseño de depósitos de residuos mineros. Volumen XXIII. Lima, Perú. 202 p. Disponible en: http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/dgaam/guias/xxii_coberturas.pdf

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: MARCO TEÓRICO

Tabla 26: Requerimientos de suelo para las especies más utilizadas en programas de revegetación de coberturas de relaves y rocas de desmonte

ESPECIE	REQUERIMIENTOS DE SUELO				
	TEXTURA	PROFUNDIDAD	REACCIÓN (pH)	CONDICIONES ADVERSAS	CONDICIONES FAVORABLES
PASTOS NATIVOS ALTOANDINOS					
<i>Festuca dolichophila</i> (Chillihua)	Francos y franco limosos	“Media”	5,8 a 7,87	Suelos fuertemente ácidos con bajo contenido de materia orgánica y arcillosos	Crece bien en suelos ricos en materia orgánica, con alto contenido de calcáreo y potasio
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Franco limosos	“escasa” (0-15 cm) y media	Suelos ácidos pH menor 5,5	Es muy rustica y se adapta a suelos pobres	Crece bien en suelos de buen drenaje, de textura media
<i>Stipa ichu</i>	franco	“escasa” (0-15cm)	Suelos ácidos pH menor 5,5	Mal drenaje	Es muy rustica y se adapta a suelos muy pobres
<i>Muhlenbergia fastiagata</i> “grama”	Media a fina	“escasa” (0-15cm)	Ligeramente ácidos pH 5,5 – 6,5	Suelos con buen drenaje	Crece bien en suelos húmedos (mal drenaje) oconales, o bofedales
PASTOS CULTIVADOS					
<i>Lolium perenne</i> (rye grass ingles)	Variada	escasa	Variada	Suelos muy bien drenados	Se adapta a todo tipo de suelos pero requiera abonamiento y agua
<i>Lolium multiflorum</i> (rye gras italiano)	Variada	Escasa	Variada	Suelos arenosos, que se secan rápidamente	Se adapta a suelos superficiales pero que tengan adecuado suministro de agua
<i>Trifolium pratense</i> (trebol rojo)	Francos	Escasa	Mayor de 6,5	Suelos ácidos pH <5,5	Suelos con buen drenaje y buen contenido de calcio por ser leguminosa mejora la
<i>Trifolium repens</i> (trebol blanco)	Variada	Escasa	Variada	Suelos pegregosos	Se adapta a todo tipo de suelos es muy rústico
<i>Dactylis glomerata</i> (Pasto ovilla)	Media a ligera	Media (hasta 40 cm)	Variada	Suelos mal drenaje	Se adapta a diferentes tipos de suelos pero requiere que haya muy buen drenaje






FUENTE: Guía para el diseño de coberturas de depósitos de residuos mineros (PERCAN-MINEM, 2007)

Tabla 27: Requerimientos climáticos para las especies más utilizadas en programas de revegetación de coberturas de relaves y rocas de desmonte

ESPECIE	REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS				
	ALTITUD (msnm)	TEMPERATURA	REQUERIMIENTO DE AGUA	DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	CONDICIONES
PASTOS NATIVOS ALTOANDINOS					
<i>Festuca dolichophila</i> (Chillihua)	3800 a 4000	“soporta” heladas	Bajo – soporta sequías (menos 250 mm por año)	Principalmente en la Sierra Central y sur del Perú	Es una pastura que tolera a las sequías y heladas
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	3800 a 4700	“soporta” heladas	Bajo – soporta sequías	Sierra Central y sur del Perú	Es una pastura que tolera a las sequías y heladas
<i>Stipa ichu</i>	3500 a 5000	“soporta” heladas	Bajo – soporta sequías	En toda la sierra del Perú	Es una planta que se desarrolla en las llanuras altoandinas, resistente a sequías y heladas.
<i>Muhleberghia fastiagata</i> “grama”	3600 a 4300	“soporta” heladas	Abundante	En las mesetas altoandinas del Perú	Se distribuye de preferencia en los áreas altoandinas (principalmente en páramos secos y punas)
<i>Poa candamona</i> “kcacho”	3700 a 3900	“soporta” heladas		Sierra Central del Perú	
PASTOS CULTIVADOS					
<i>Lolium perenne</i> (rye grass ingles)	2500 a 4000	Eventual	Abundante	Desde Cajamarca hasta Puno	Necesita riegos frecuentes y ligeros
<i>Lolium multiflorum</i> (rye gras italiano)	2500 a 4000	Eventual	Abundante	Desde Cajamarca hasta Puno	Necesita riegos frecuentes y ligeros
<i>Trifolium pratense</i> (trebol rojo)	2500 a 4500	Sensible a heladas	Abundante Sensible a las sequías	Desde Cajamarca hasta Puno	Requerimiento hídrico frecuente, mejora la fertilidad del suelo por ser leguminosa fija nitrógeno atmosférico
<i>Trifolium repens</i> (trebol blanco)	2500 a 4500	Sensible a heladas	Bajo		Tolerante a sequías y heladas y mejora la fertilidad del suelo por ser leguminosa fija nitrógeno atmosférico
<i>Dactylis glomerata</i> (Pasto ovilla)	2500 a 4500	Eventual	Medio a bajo		Soporta bien las sequías y tiene buen enraizamiento

FUENTE: Guía para el diseño de coberturas de depósitos de residuos mineros (PERCAN-MINEM, 2007)

**Figura 18: Proceso de Transplantar Pastos mediante Esquejes o Hijuelos
(chillihua, ichu, poa, etc)**

	<p>Escoger plantas madres bien conformadas, que han tenido un buen crecimiento y desarrollo</p>
	<p>Sacar las plantas y comenzar a separar de la planta madre los esquejes que tengan un buen enraizamiento</p>
	<p>Seleccionar los mejores esquejes o hijuelos enraizados</p>
	<p>Se debe cortar las hojas por la mitad con la finalidad de disminuir las pérdidas de agua del esqueje hasta que se establezca en el campo y comenzar a plantarlo</p>
	<p>Sembrarlo en hileras en contra de la pendiente para ir progresivamente logrando la cobertura total del área (después de 3 a 5 años). Evitar el ingreso de ovinos u otros animales sin control.</p>

FUENTE: Guía para el diseño de coberturas de depósitos de residuos mineros (PERCANA-MINEM, 2007)

ANEXO 2: MAPAS



SIMBOLOGÍA

CAJAMARCA Departamento

----- Limite Departamental

Empresa	Unidad/ Proyecto	Coordenadas de ubicación geográfica (WGS 84)		Ubicación			Componentes de cierre		Cobertura utilizada		
		Este	Norte	Departamento	Provincia	Distrito	Depósito de relaves	Depósito de desmontes	Pastos cultivados	Pastos nativos	Arbustos
Compañía Minera Antamina S.A.	Antamina	277 697	8 940 792	Ancash	Huari	San Marcos		X	X	X	X
Minera Barrick Misquichilca S.A.	Mna Pietina	215 269	8 953 898	Ancash	Huaraz	Independencia		X	X	X	
Activos Mineros S.A.C.	Ex Unidades Barragán y El Dorado	765 820	9 252 280	Cajamarca	Hualgayoc	Hualgayoc	X	X	X		
Compañía Minera Colquirrumi S.A.1	Ex U.M. Colquirrumi	766 908	9 253 078	Cajamarca	Hualgayoc	Hualgayoc	X	X	X		
Compañía Minera Coimolache S.A.	Tantahuatay	757 600	9 253 685	Cajamarca	Hualgayoc	Hualgayoc		X	X		
Minera Yanacocha S.R.L.2	Yanacocha	774 083	9 225 661	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca		X	X	X	X
Compañía Minera Antapaccay S.A.	Tintaya	250 492	8 351 165	Cusco	Espinar	Espinar	X	X	X		
Compañía Minera Castrovirreyna S.A.	San Genaro	483 881	8 541 074	Huancavelica	Castrovirreyna	Santa Ana		X	X		
Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.2	Recuperada	505 899	8 552 804	Huancavelica	Huancavelica	Huachocolpa	X		X		
La Arena S.A.	La Arena	815 323	9 128 206	La Libertad	Sánchez Carrión	Huamachuco		X	X		
Minera Barrick Misquichilca S.A.	Lagunas Norte	804 666	9 120 657	La Libertad	Santiago de Chuco	Quiruvilca		X	X		
Activos Mineros S.A.C.3	Depósito de relaves CENTROMIN / Casapalca, Tablachaca, Antuquito y Bellavista	364 471	8 710 560	Lima	Huachochirí	Chicla	X		X	X	
Corporación Minera Centauro S.A.C.1	Quicay	348 382	8 817 015	Pasco	Pasco	Simón Bolívar		X	X	X	
Milpo Andina Perú S.A.C.2	Atacocha	369 608	8 830 687	Pasco	Pasco	Yanacancha	X	X			

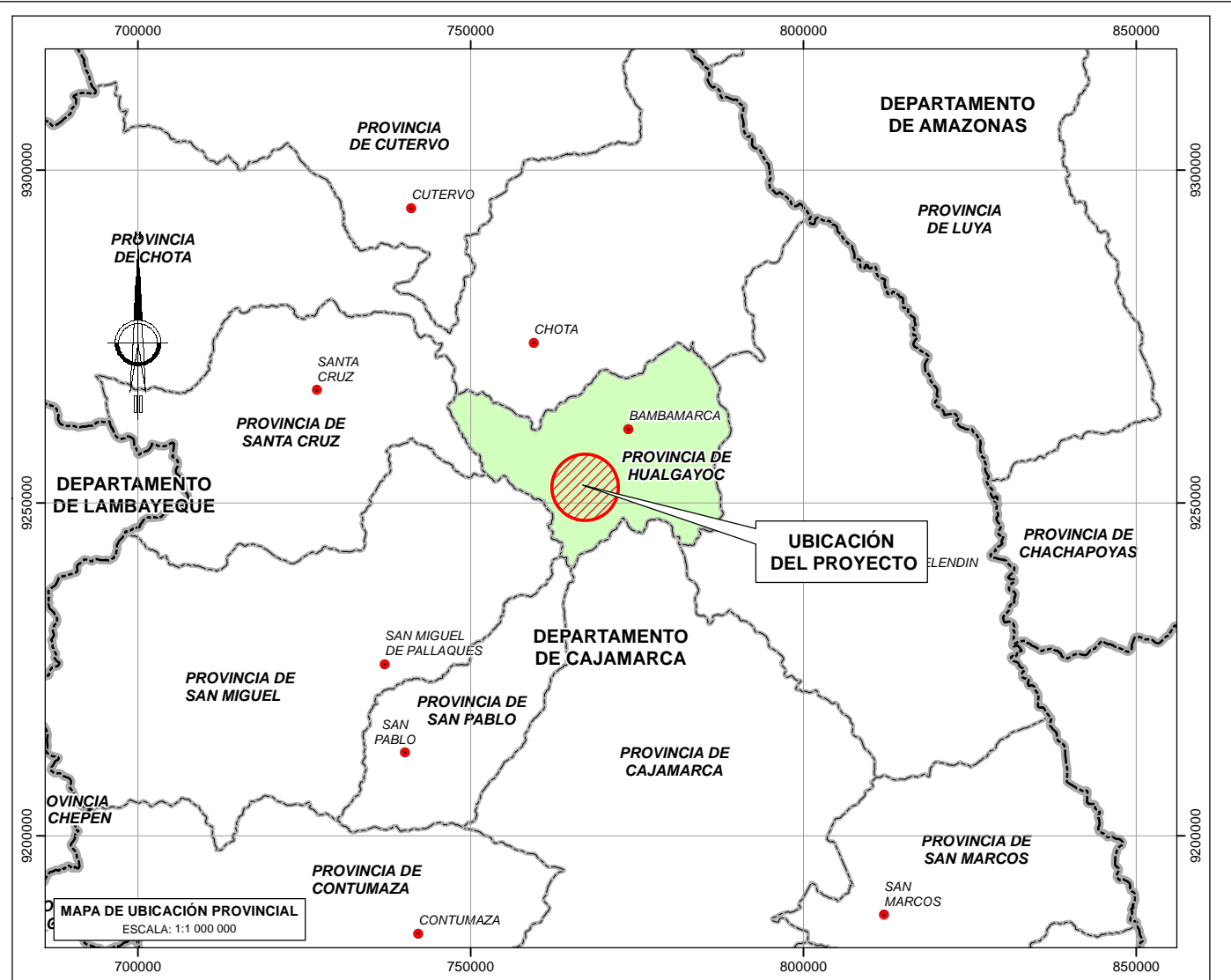


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

PROYECTO : **TECNOLOGÍAS DE REVEGETACIÓN EN SUELOS IMPACTADOS POR ACTIVIDADES MINERAS, EXPERIENCIAS EN EL PERÚ**

TÍTULO : **EXPERIENCIAS DE REVEGETACIÓN EN EL PERÚ** PLANO N° : **GN-01**

ELABORÓ : D.G.C. REVISÓ : J.G.B. ESCALA : INDICADA FECHA : OCTUBRE 2016 REV. : A



NOTAS:

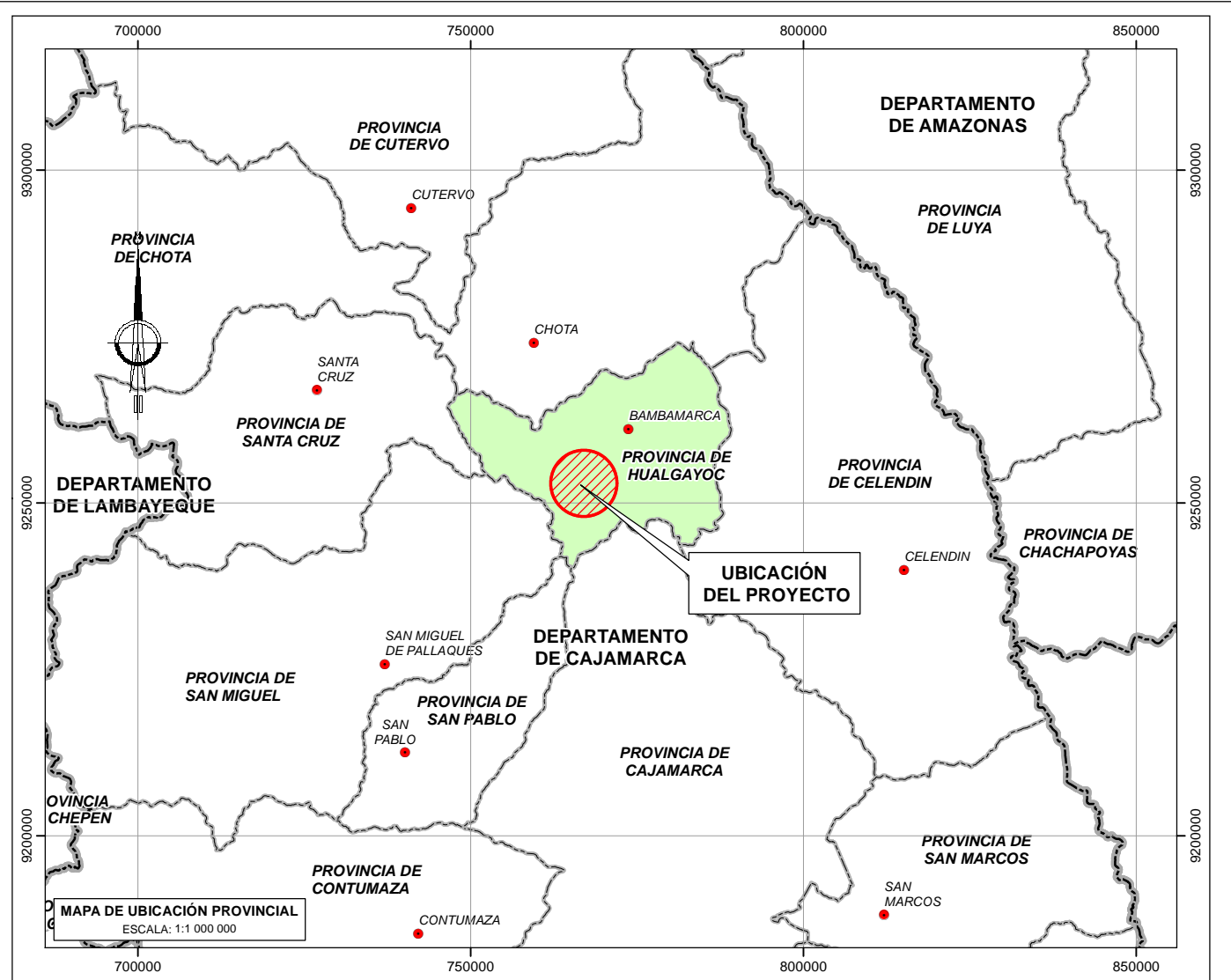
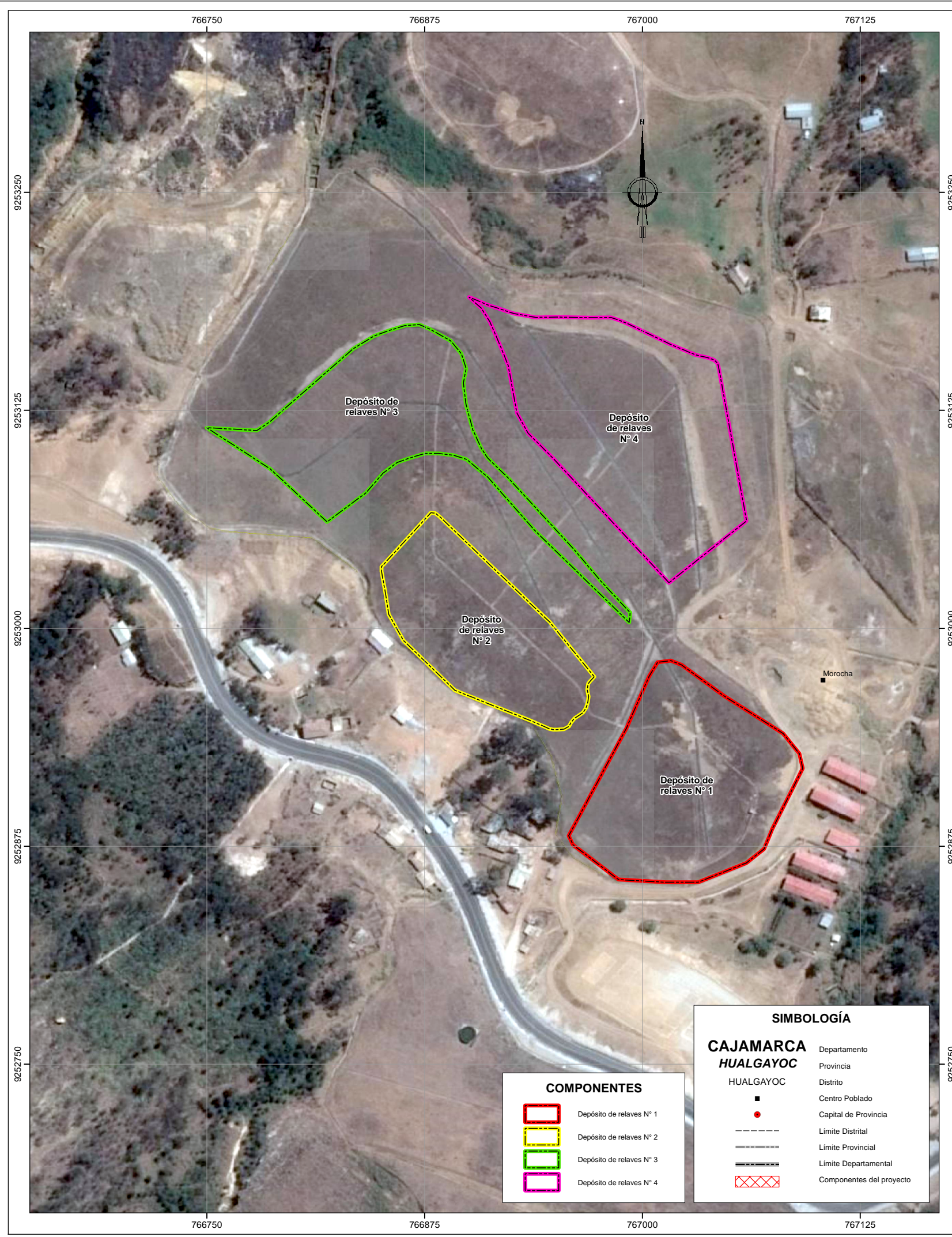
- 1.- Sistema de Coordenadas UTM Zona 17S Datum: WGS84
- 2.- Fuente: Cartografía Digital del IGN, Escala 1:100 000.

1:2 500 0 0,025 0,05 0,075 0,1 0,125 km

1:1 000 000 0 10 20 30 40 50 km

SIMBOLOGÍA	
CAJAMARCA	Departamento
HUALGAYOC	Provincia
HUALGAYOC	Distrito
■	Centro Poblado
●	Capital de Provincia
---	Limite Provincial
---	Limite Departamental

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</p>				
<p>PROYECTO : TECNOLOGÍAS DE REVEGETACIÓN EN SUELOS IMPACTADOS POR ACTIVIDADES MINERAS, EXPERIENCIAS EN EL PERÚ</p>				
<p>TÍTULO : DEPÓSITO DE RELAVES N° 1 AL N° 4 - COMPAÑÍA MINERA COLQUIRRUMI - AÑO 2009</p>				<p>PLANO N° : GN-02 (1/2)</p>
ELABORÓ :	REVISÓ :	ESCALA :	FECHA :	REV. :
D.G.C.	J.G.B.	INDICADA	OCTUBRE 2016	A



NOTAS:

- Sistema de Coordenadas UTM Zona 17S Datum: WGS84
- Fuente: Cartografía Digital del IGN, Escala 1:100 000.

1:2 500 0 0,025 0,05 0,075 0,1 0,125 km

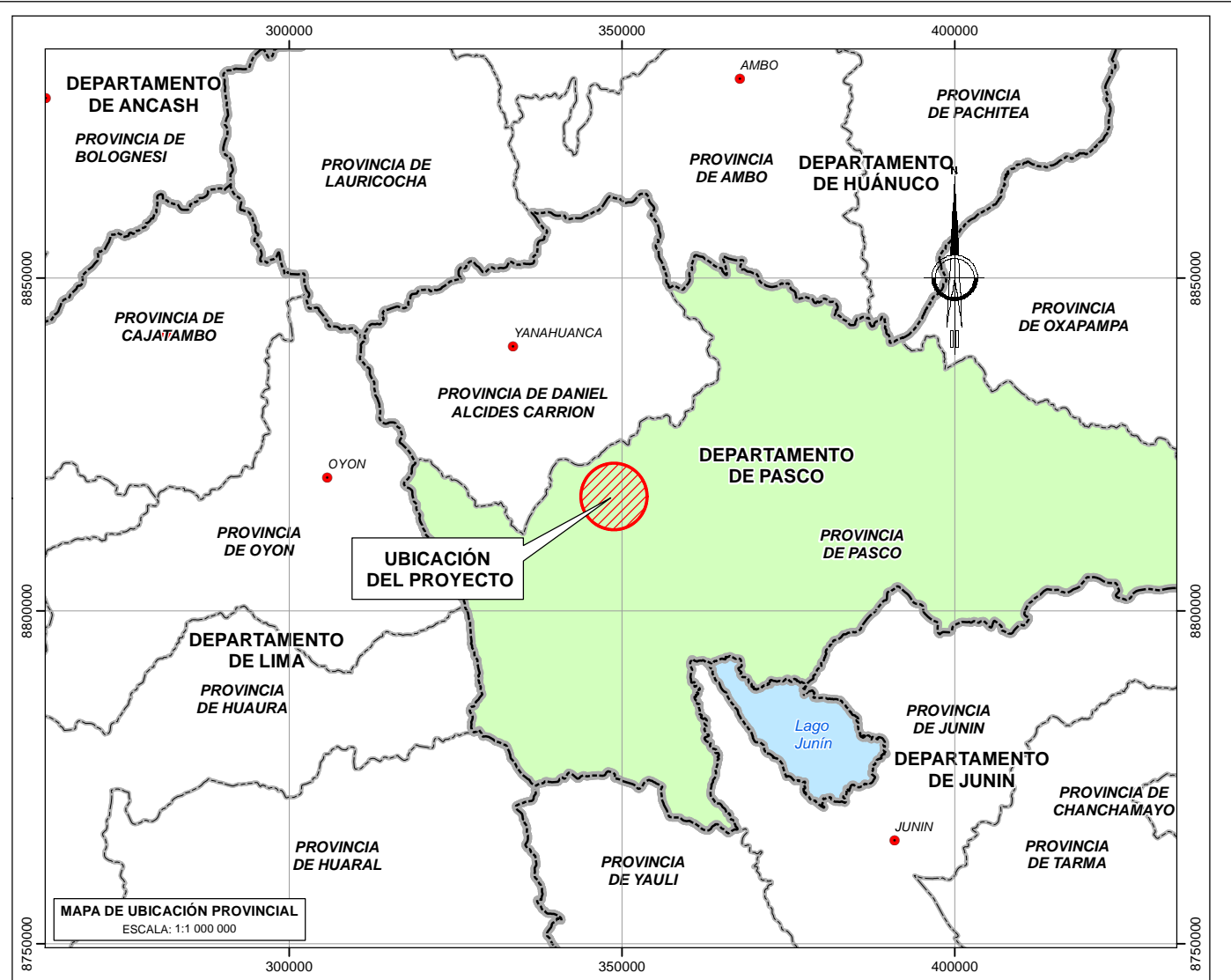
1:1 000 000 0 10 20 30 40 50 km

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA				
PROYECTO : TECNOLOGÍAS DE REVEGETACIÓN EN SUELOS IMPACTADOS POR ACTIVIDADES MINERAS, EXPERIENCIAS EN EL PERÚ				
TÍTULO : DEPÓSITO DE RELAVES N° 1 AL N° 4 - COMPAÑÍA MINERA COLQUIRRUMI - AÑO 2016				PLANO N° : GN-02 (2/2)
ELABORÓ : D.G.C.	REVISÓ : J.G.B.	ESCALA : INDICADA	FECHA : OCTUBRE 2016	REV. : A



SIMBOLOGÍA	
PASCO	Departamento
PASCO	Provincia
SIMÓN BOLIVAR	Distrito
■	Centro Poblado
●	Capital de Provincia
---	Limite Provincial
---	Limite Departamental

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar (USA), USGS, AeroGRID, IGN, SIA, User Community

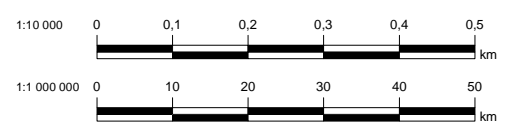



MAPA DE UBICACIÓN PROVINCIAL
ESCALA: 1:1 000 000

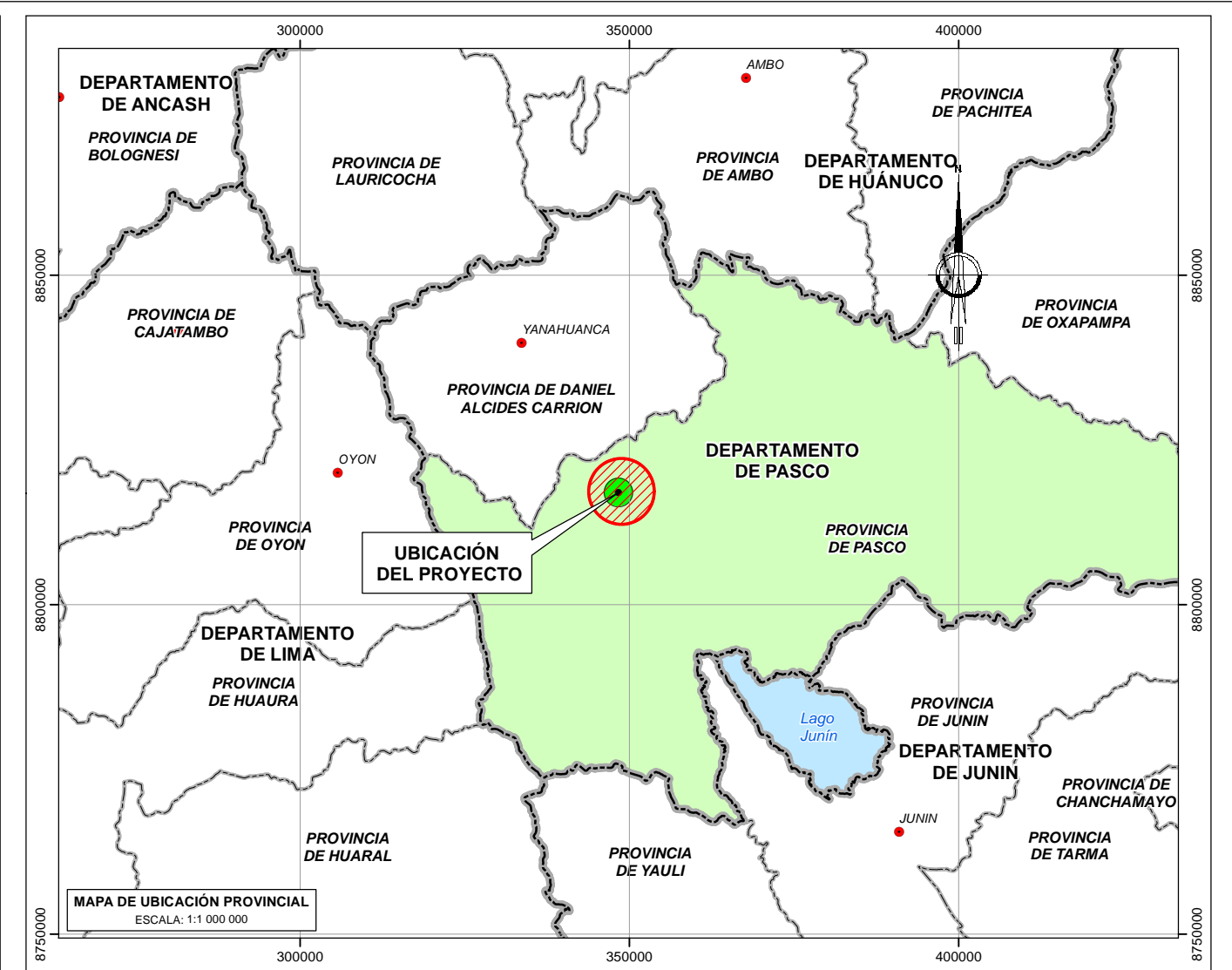
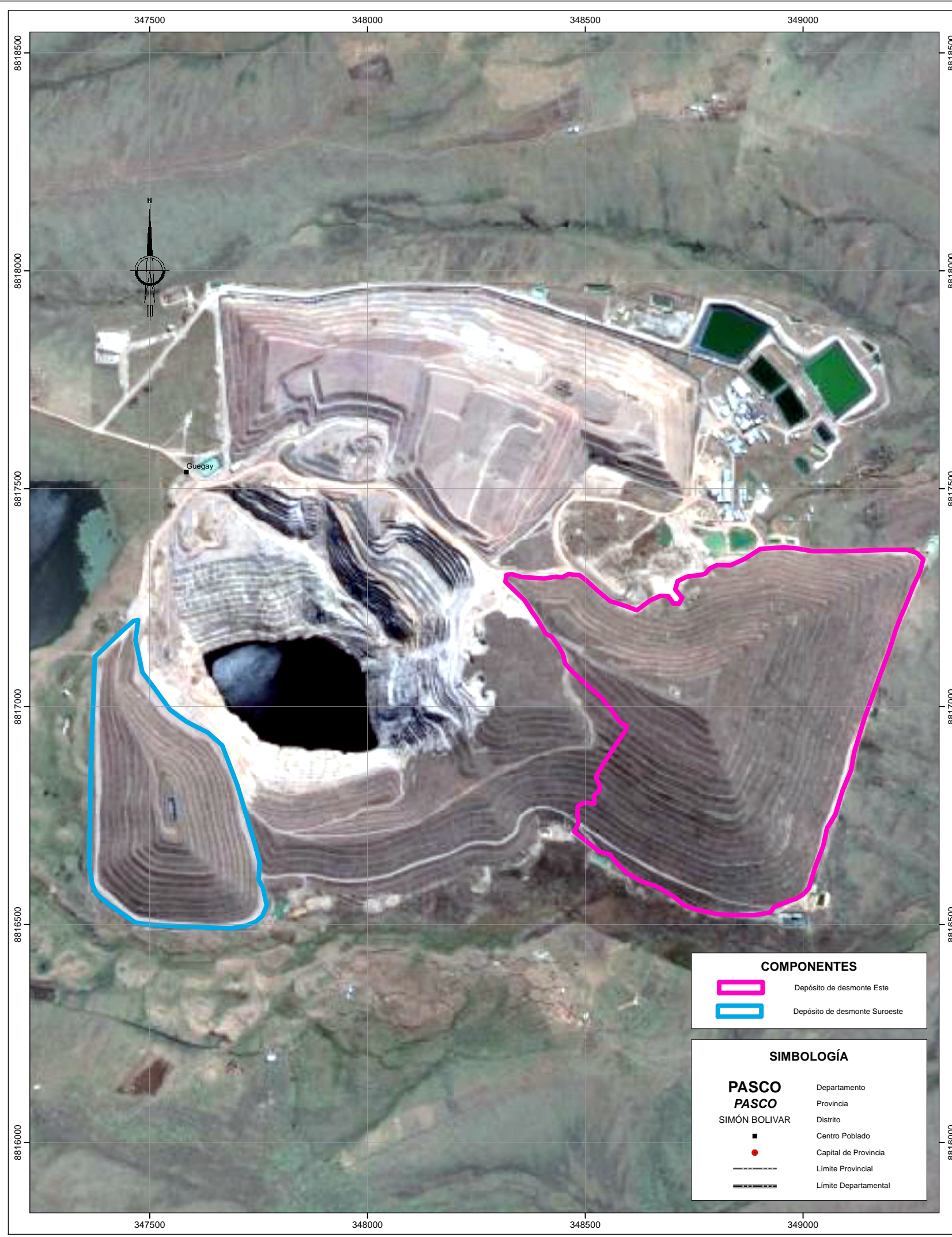


NOTAS:

- 1.- Sistema de Coordenadas UTM Zona 18S Datum: WGS84
- 2.- Fuente: Cartografía Digital del IGN, Escala 1:100 000.



 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA				
PROYECTO : TECNOLOGÍAS DE REVEGETACIÓN EN SUELOS IMPACTADOS POR ACTIVIDADES MINERAS, EXPERIENCIAS EN EL PERÚ				
TÍTULO : DEPÓSITO DE DESMONTES SUR - SUR OESTE Y ESTE - CORPORACIÓN MINERA CENTAURO - AÑO 2008				PLANO N° : GN-03 (1/2)
ELABORÓ : D.G.C.	REVISÓ : J.G.B.	ESCALA : INDICADA	FECHA : OCTUBRE 2016	REV. : A



NOTAS:

- Sistema de Coordenadas UTM Zona 18S Datum: WGS84
- Fuente: Cartografía Digital del IGN, Escala 1:100 000.

1:10 000 0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 km

1:1 000 000 0 10 20 30 40 50 km

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

PROYECTO : **TECNOLOGÍAS DE REVEGETACIÓN EN SUELOS IMPACTADOS POR ACTIVIDADES MINERAS, EXPERIENCIAS EN EL PERÚ**

TÍTULO : **DEPÓSITO DE DESMONTES SUR - SUR OESTE Y ESTE - CORPORACIÓN MINERA CENTAURO - AÑO 2016**

PLANO N° : **GN-03 (2/2)**

ELABORÓ : D.G.C. REVISÓ : J.G.B. ESCALA : INDICADA FECHA : OCTUBRE 2016 REV. : A

ANEXO 3: PANEL FOTOGRÁFICO

EX U.M. COLQUIRRUMI

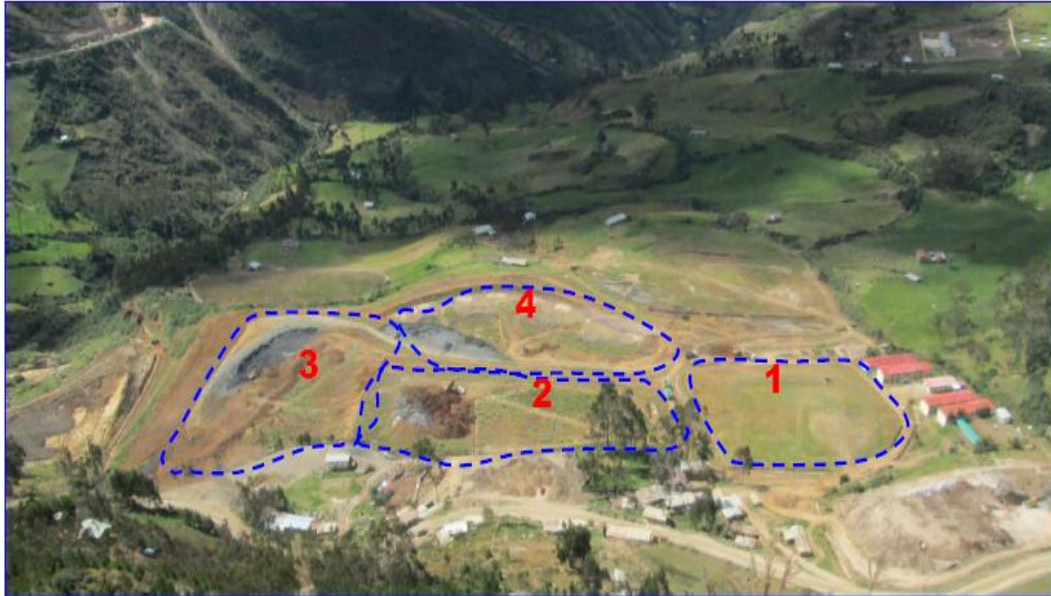


Figura 19: Depósitos de relaves dañados por invasión de ASETACOL

FUENTE: Compañía Minera Colquirrumi S.A.(2011)



Figura 20: Canal de derivación colapsado

FUENTE: Compañía Minera Colquirrumi S.A.(2011)



Figura 21: Vista frontal de las zonas de relaveras
FUENTE: Compañía Minera Colquirrumi S.A.(2014)

U.M. QUICAY



Figura 22: Vista general de la cara norte del depósito de desmontes Este
FUENTE: Corporación Minera Quicay S.A.(2012)



Figura 23: Cara sur del depósito de desmontes Este.
FUENTE: Corporación Minera Quicay S.A.(2013)



Figura 24: Depósito de desmontes Suroeste revegetado

FUENTE: Corporación Minera Quicay S.A.(2015)