

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO
SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“DIAGNÓSTICO DEL CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE LIMPIEZA Y
REMEDIACIÓN DE LOS RELAVES EN LAS ORILLAS DE LA LAGUNA
CABALLOCOCHA - LAURICOCHA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

ISAC DE JESUS ESPINOZA VERDE

HUACHO – PERÚ

2019

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres, Eloida Verde Espinoza y Victor Roberto Espinoza Capa, quienes han estado velando por mi bienestar estudiantil, guiarme en este largo proceso educativo y por brindarme su apoyo incondicional.

A la Madre tierra, por todos los presentes que me brindó, brinda y brindará a lo largo de mi existencia humana.

A todo la flora y fauna que trabajan día a día apoyándonos a tener un mundo mejor.

A todos los seres humanos, que se dedican a proteger nuestro hermoso planeta tierra.

Isac De Jesus Espinoza Verde

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la institución educativa por brindarme los conocimientos necesarios para culminar mi carrera, a mi Asesor Ing. Lino Rolando Rodríguez Alegre por guiarme y ayudarme en este largo proceso.

A mis jurados evaluadores Dionicio Belisario Luis Olivas, Gadys Vega Ventocilla y Pedro Martín Ríos Salazar, quienes me brindaron su ayuda incondicional cuando lo necesité y de ante mano gracias a Cecilia Ysabel Vaccari Ortiz que mediante su apoyo finalicé mi trabajo de titulación.

Isac De Jesús Espinoza Verde

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Formulación del Problema	3
1.2.1 Problema General.	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Justificación de la investigación	3
1.5. Delimitación del estudio	4
1.6. Viabilidad del estudio	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.2. Bases teóricas	7
2.3. Marco conceptual	10
2.3.1. Pasivos ambientales mineros	10
2.3.2. Relaves mineros	11
2.3.3. Clases de efluentes	13
2.3.5. Revegetación de relaves	19
2.3.6- Limitaciones que se tiene el uso de plantas en programa de revegetación de coberturas de relaves y rocas de desmonte	20
2.4. Definiciones conceptuales	22
2.5. Formulación de la hipótesis	25
2.5.1. Hipótesis general	25
2.5.2. Hipótesis específicas	25
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	26
3.1. Diseño metodológico	26
3.1.1. Tipo de investigación	26

3.1.2. Nivel de investigación	26
3.1.3. Diseño	26
3.1.4. Enfoque	26
3.2. Población y muestra	26
3.3. Operacionalización de variables e indicadores	27
3.4. Ubicación geográfica del lugar de estudio	29
Tareas previas	30
Plan de limpieza	34
3.4.1. Técnicas empleadas Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
3.4.2. Descripción de los instrumentos	39
3.5. Técnicas para el procesamiento de la información	40
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	41
4.3. Variable dependiente	43
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1. DISCUSIÓN	52
5.2. CONCLUSIONES	53
5.3. RECOMENDACIONES	54
6.1. FUENTES BIBLIOGRÁFICOS	55
ANEXOS	58

RESUMEN

Objetivos: Diagnosticar el cumplimiento del Plan de limpieza, la eficiencia de la técnica de revegetación empleada y la eficacia del sustrato de cobertura utilizado para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha – Lauricocha. **Metodología:** La investigación por su finalidad fue aplicada, de nivel explicativa, enfoque cuantitativo con diseño cuasi experimental. La población, la cancha de relaves acumulada en la zona adyacente a la laguna y la muestra un área de 1.834,24m². **Resultados:** Respecto a la revegetación, el 98.44% de las 4 parcelas tuvieron un buen nivel de crecimiento y solo en el 1.56% del área revegetada se observó poco crecimiento. Los valores de pH estuvieron en 6,9 y 7.2 a los 45 y 90 días después de las actividades de remediación. La conductividad eléctrica mostró que no superaba los 2 dS/m y la concentración de los metales pesados evaluados superaron el estándar de calidad para terrenos de uso agrícola. **Conclusiones:** Se redujo el pH del suelo en 19,81% en el área revegetada; además, la técnica de revegetación empleada mejoró el área en un 7,71% y la eficacia del sustrato de cobertura se mejoró entre 10% y 25% después de la aplicación del Plan de limpieza.

Palabras claves: plan de limpieza, relaves mineros, remediación de relaves

ABSTRACT

Objectives: Diagnose the compliance of the Cleaning Plan, the efficiency of the revegetation technique used and the effectiveness of the cover substrate used for the remediation of tailings on the shores of the Caballococha lagoon – Lauricocha.

Methodology: The research for its purpose was applied, of explanatory level, quantitative approach with quasi-experimental design. The population, the tailings material dam accumulated in the area adjacent to the lagoon and the sample an area of 1,834.24m².

Findings: Regarding revegetation, 98.44% of the 4 plots had a good level of growth and only 1.56% of the revegetated area showed little growth. pH values were at 6.9 and 7.2 at 45 and 90 days after remediation activities. The electrical conductivity showed that it did not exceed 2 dS/m and the concentration of the evaluated heavy metals exceeded the quality standard for agricultural land. **Conclusions:** soil pH was reduced by 19.81% in the revegetated area; in addition, the revegetation technique improved the area by 7.71% and the effectiveness of the cover substrate was improved between 10% and 25% after the implementation of the Cleaning Plan

key words: cleaning plan, mining tailings, remediation tailings

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.Descripción de la realidad problemática

La actividad minero metalúrgica involucra la extracción y obtención del recurso mineral y los relaves son los desechos de las actividades de la concentración metalúrgica. Los relaves además de generar erosión del suelo causan graves daños no solo la salud de las personas involucradas en la actividad minero extractiva sino, además, a quienes habitan en las comunidades circundantes

En concordancia con lo anterior, para Rojas (2007), los relaves de las plantas de concentración superan en casi dos terceras partes al volumen original de mineral extraído. Su disposición requiere de espacios grandes en zonas adyacentes y acondicionadas de forma tal que se garantice la seguridad. La contaminación por las aguas residuales proveniente de las plantas de concentración, la erosión de suelos y la contaminación de la atmósfera por las partículas de estos agentes dispersos en el ambiente generan daños ambientales, afectan la salud de las personas y son la causa de conflictos sociales con las poblaciones locales que tienen en la agricultura y la pequeña ganadería su medio de vida.

El artículo de Arana, (2009) recoge el caso del derrame de 151 kg de mercurio metálico; donde más de un millar de campesinos que no conocían sus efectos tóxicos fueron afectados por este accidente. La consecuencia que provocó la contaminación con vapor de mercurio a estas personas donde la mayoría eran niños y niñas quienes recogieron el mercurio con sus manos sin contar con ningún implemento de protección alguno pues desconocían los efectos toxicológicos de una llamativa sustancia parecida a plata líquida. A pesar del tiempo transcurrido, además de haber ser contaminados los ríos y sus cauces, se afectó la flora y fauna de la zona ocasionando la alteración de los ciclos naturales en dicha área. Los efectos en la salud de las personas, aún subsisten; así la población sigue reportando temblor corporal, insomnio, irritabilidad del carácter, pérdida de memoria, fuertes dolores articulares, sarpullido intermitente, epistaxis o hemorragia nasal, desmayos intempestivos, casos de ceguera y dolores renales intensos

Para Azula (2016), la minería es muy importante en nuestra economía. En el año 2017 representó el 62% de las exportaciones. Para el 2018, según el Ministerio de Energía y Minas

(2018), representó el 10% del PBI nacional y el 61% de las exportaciones siendo el cobre quien aportó más del 50% de las exportaciones del PBI minero metálico. En el ranking mundial de productores el Perú es el segundo mayor productor de cobre, plata y zinc; el tercero en estaño, el cuarto de molibdeno y el sexto en oro. En el caso del plomo, ascendió tres posiciones en el 2018 ubicándose como el tercer mayor productor de plomo.

La mitigación y restauración de los pasivos ambientales es responsabilidad directa de las empresas mineras; entidades como el Organismo de Evaluación Fiscalización ambiental (OEFA), órgano especializado del Ministerio del Ambiente en fiscalizar, supervisar, controlar temas ambientales. Además, el Ministerio el Ambiente y el de Energía y Minas velan el cumplimiento de la normatividad y las buenas prácticas de la actividad y garantizar por las acciones referidas a la preservación medio ambiental; sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados por las auditorías y fiscalización de campo por la OEFA, estas no alcanzan un nivel satisfactorio en el cumplimiento de la normatividad ambiental.

Los procesos de fiscalización muestran debilidades tanto por la escasez de recursos humanos calificados, recursos físicos insuficientes, infraestructura inadecuada, la limitada participación de la comunidad por la falta de información y desconocimiento en el cumplimiento de los compromisos ambientales, entre otros.

Se tiene pues que la contaminación de relaves mineros, a las que se añade la ocasionada por las partículas de polvo, son un peligro tanto por su composición química tóxica y su granulometría.

Romero (2015), señala que en el caso de las partículas de polvo, por su tamaño, al ser erosionadas por la acción del viento y la lluvia impactan en la salud de las personas y los animales. Al ser inhaladas ingresan al sistema respiratorio y circulatorio, provocando lesiones fisiológicas y neurológicas.

La contaminación por relaves impide parcial o totalmente el proceso de fotosíntesis lo que da lugar a procesos de desertificación de las tierras por la acumulación de metales pesados (Romero, 2015).

Es en las alturas del país donde, por lo general, se desarrolla la actividad minera y son los pastos resistentes como el ichu casi, la única especie vegetal existente en esas zonas, también

se ven afectadas por la contaminación. A lo anterior se los efectos del cambio climático y el calentamiento global

1.2. Formulación del Problema

1.2.1 Problema General.

¿Se está cumpliendo con el plan de limpieza que contribuye a la reducción de la contaminación por relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Se está cumpliendo con el plan de limpieza que contribuye a la eficiencia de la técnica de revegetación empleada para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha?
- ¿Se está cumpliendo con el plan de limpieza que contribuye a la eficacia del sustrato de cobertura utilizado para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Diagnosticar el cumplimiento del Plan de limpieza en la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la eficiencia de la técnica de revegetación empleada para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha
- Diagnosticar la eficacia del sustrato de cobertura utilizado para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha.

1.4. Justificación de la investigación

Los depósitos de los relaves mineros, sin un adecuado tratamiento para su disposición generan impactos negativos en el área que circundan, afectando el ecosistema de la zona. La

investigación se justifica por la necesidad de la remediación de los pasivos ambientales generados por los relaves expuestos en las orillas de la laguna Caballococha que han afectado de forma significativa a la flora y fauna en la cuenca de la laguna de Caballococha. El seguimiento y el cumplimiento de las acciones del plan de limpieza ejecutado contribuirán en que paulatinamente pueda recuperar el hábitat deteriorado.

1.5.Delimitación del estudio

El estudio se delimitó a un área de la zona circundante a la laguna de Caballococha la cual tiene un área de es de 32,75 Ha. La laguna se ubica en la Región: Huánuco, Provincia: Lauricocha, Distrito: San Miguel de Cauri en las coordenadas 10° 26´ de Latitud Sur y 76° 44´ de Longitud Oeste.

1.6.Viabilidad del estudio

El estudio fue viable, en términos de la posibilidad de llevarla a cabo en la práctica, pues se contó con los recursos materiales, humanos y económicos disponibles para poder llevarla a cabo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

La investigación de García (2018) se propuso evaluar si la remediación de los pasivos ambientales mineros de la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C., disminuiría los lixiviados a la sub subcuenca del río Santa Eulalia y la cuenca del Río Rímac. La población fue las 21 hectáreas de exunidad minera Lichicocha y la muestra los pasivos ambientales de los lixiviados que tenían presencia de metales pesados. La técnica empleada fue recoger información de muestra de la calidad del agua en estas cuencas y la caracterización de los pasivos ambientales mineros (desmontes) cuya mineralogía de las muestras indicaban presencia de minerales sulfurados. La técnica empleada para la remediación del material de desmonte fue el movimiento de tierra mediante corte y relleno los que producen ángulos más estables en los taludes de las estructuras de relleno y plataformas de los depósitos de desmontes en función directa de las condiciones topográficas de la zona así como el cierre, encapsulamiento e impermeabilización de bocaminas, piquebocamina y trincheras y, finalmente extender un manto de top soil y revegetación por el sembrío del ichu especie andina y natural de la zona. Los resultados obtenidos pusieron de manifiesto la recuperación del color de las aguas. Antes de la remediación los bordes de las lagunas presentaban colores amarillentos; después de la remediación, las aguas fueron más claras sin el color característico de las aguas ácidas. Así el potencial de hidrógeno (pH) fue de 6,5 – 9, en los puntos de monitoreo (Laguna Lichis y Laguna Altoandina s/n) cumplían con las ECA para categoría 3 de agua para riego de vegetales y bebida de animales ya que en la laguna Lichis el pH fue de 6.85 y en la Laguna Altoandina s/n el pH fue de 6.97. Respecto a la Laguna Jupay el pH fue de 6.45 el cual no cumplía con los ECA, pero se consideró que en el transcurso de los días por la no presencia de lixiviados y drenaje ácidos la laguna Jupay seguramente cumpliría con este parámetro. Por otro lado, que el sembrío del ichu de especies oriundas de la zona como el ichu, dieron mejores garantías del cierre de los pasivos y por ende un mejor aspecto por la fácil adaptación de esta especie a las condiciones de la zona

Romero (2015), en su investigación, se propuso como objetivo general del estudio, determinar la influencia del tratamiento de los relaves mineros contaminados mediante la plantación del Kikuyo (gramínea), en las minas de la Región Central del Perú. La investigación fue de tipo aplicada, descriptiva, cualitativa, correlacional y de nivel

explicativo. Como técnica se recurrió a la entrevista y encuestas a los encargados y operarios vinculados directamente con el procesamiento químico de metales y descarga de desechos a las canchas de relave

Las conclusiones de la investigación señalaron que el 100% de los profesionales encuestados señalaron conocer que las plantaciones de Kikuyo la cual crece en clima frío y que, además, es susceptible a las heladas y tiene vida prolongada aun cuando no se desarrolla plenamente en suelos pobres, pero sí en fértiles y que si posibilita el tratamiento como fitoestabilizadora de las canchas de relave en las minas de la Región Central.

La investigación de Zamalloa (2012), se propuso recuperar los terrenos de relaves en aquellos taludes remediados mediante el método de la hidrosiembra pues facilita la cobertura de grandes áreas cuando se requiere una cobertura vegetal urgente y que es, además, un sistema adecuado para siembra en taludes y zonas de difícil acceso pudiendo variarse la densidad de siembra de acuerdo a las necesidades del área. Se experimentó con la mezcla de semillas (Rye Grass, Festuca, Dactylis, Trebol rojo Blanco), adhesivo y fibras según la dosificación por hectárea a revegetar Los resultados mostraron que con la hidrosiembra la vegetación se estableció en un 20 o 25% más rápido respecto a otra alternativa de siembra mecánica o manual. Además, se demostró que con este método se pueden alcanzar grandes alturas en taludes difícilmente accesibles

La investigación de López (2011), se propuso evaluar los niveles de exposición al arsénico en cuerpos receptores del río Mayoc, en San Mateo – Huarochirí así como evaluar la presencia de arsénico en habitantes del distrito de Mayoc. Se hizo una revisión bibliográfica y la recopilación de información sobre la zona de Mayoc, de las actividades mineras en la zona y los depósitos de relaves por las inspecciones realizadas; se incluyó también los registros de muestreo y monitoreo en cuerpos receptores, aire, agua y suelos de Mayoc así como publicaciones médicas sobre la salud de los pobladores de la zona. Se propuso la fitorremediación como procedimiento de limpieza para el control del arsénico disperso en los suelos de Mayoc y alrededores. Se realizaron pruebas de sorción (retención) de arsénico en formas de arsenito y arseniato en soluciones acuosas mediante la rizofiltración. La misma es una técnica de cultivo en invernaderos con las raíces en agua y fitoextracción que implicaba la absorción del arsénico en plantas, mediante el regadío en macetas. Se recomendó su aplicación a otros ecosistemas con características similares.

La investigación de Hidalgo et al (2010), se propuso como objetivo general seleccionar las especies vegetales de mejor adaptación a las condiciones edáficas y ecológicas de la presa de relaves de la planta concentradora Santa Rosa de Jangas en Ancash, provincia de Huaraz. El estudio fue de nivel explicativo y tipo aplicado Para la delimitación del área de ensayo se establecieron cinco parcelas donde se efectuaron la siembra y/o plantación de las cinco especies vegetales seleccionadas

Las especies con los mejores atributos para la remediación ambiental mediante técnicas de revegetación o fitoestabilización fueron el 'kikuyo' y el 'ray grass' en asociación con 'trébol'. El 'kikuyo', mostró el mejor comportamiento por su alta tolerancia a condiciones extremas de clima como sequías, heladas y suelos de baja fertilidad. El “ray grass”, por su amplio rango de distribución altitudinal y tolerancia a condiciones extremas de sequías y heladas mostró los más altos atributos en número de plantas por unidad de superficie y tamaño de planta con el segundo promedio más alto en asociación con el trébol en producción de biomasa y en cobertura en el suelo y el segundo promedio más bajo en profundidad de raíces. Finalmente, el ‘trébol’, presentó el segundo promedio más alto en producción de biomasa, en asociación con el ray grass así como el tercer promedio más alto en cobertura de suelo, el cuarto promedio más alto en profundidad de raíces, el quinto promedio más alto en diámetro de tallo y el promedio más bajo en número y tamaño de plantas. En los trabajos de revegetación se la utilizó asociada con el “ray grass”, por su alta capacidad de fijar nitrógeno atmosférico para mejorar la fertilidad del suelo. Las especies con los mejores atributos para la remediación ambiental a través de técnicas de revegetación o fitoestabilización, en orden de prioridad, fueron el 'kikuyo' y el 'ray grass' en asociación con el 'trébol' pues ambas son perennes y presentan un amplio rango de distribución térmica y altitudinal.

2.2. Bases teóricas

El Perú, tiene una ancestral tradición minera y nuestra geografía es prodigiosa en recursos minerales. La actividad minera ha contribuido al desarrollo económico de las zonas de influencia donde desarrolla sus actividades, así como al crecimiento de la economía del país por la generación de divisas por la exportación de minerales; sin embargo, son conocidos los impactos que la minería ocasiona en el entorno. Los casos más dramáticos son la Oroya y Cerro de Pasco por los efectos de una actividad desarrollada por las prácticas “viejas épocas” aunque, afortunadamente, parece que ahora estas prácticas ya son caducas (Aquino 2017).

Para hacer frente a los pasivos ambientales generados por las operaciones mineras, se tienen diversas herramientas de gestión ambiental referidas a técnicas tendientes a su remediación y una legislación ligada al cumplimiento de estas exigencias. Entre algunas de estas tenemos a:

- ✓ Ley 26842, Ley de Salud.
- ✓ Ley 26821. Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales,
- ✓ Ley 27314, Ley General de Residuos Sólidos
- ✓ Ley No 27446, Ley del Sistema Nacional de la Evaluación de Impacto Ambiental
- ✓ Ley No 28271, Ley que Regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera.
- ✓ Ley No 28611, Ley General del Ambiente
- ✓ Ley No 28090, Ley que regula el Cierre de Minas
- ✓ Ley No 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental modificada por la Ley No 30011
- ✓ Ley 29338, Ley de Recursos Hídricos.
- ✓ Decreto Supremo No 016-93-EM - Reglamento para la Protección Ambiental en la Actividad Minero Metalúrgica
- ✓ D.S. 002-2008-MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para cursos de agua superficial
- ✓ D.S. 003-2009-EM. Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera.
- ✓ D.S. 010-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles para efluentes líquidos de actividades minero metalúrgicos
- ✓ D.S. 031-2010 S.A. Reglamento de la calidad del agua para consumo humano
- ✓ Disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad ambiental (ECA) para Agua aprobado por Decreto Supremo No 023-2009-MINAM.
- ✓ Resolución Jefatural No 202-2010-ANA que aprueba la clasificación de cuerpos de agua superficiales y marino-costeros, modificada por R.J. No 489-2010-ANA.
- ✓ Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire - D.S. No 074-2001-PCM.
- ✓ Estándares de Calidad Ambiental para Aire, D.S No 003-2008-MINAM.
- ✓ D.S. No 085-2003-PCM, Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.

- ✓ Estrategia Nacional de la Diversidad Biológica del Perú aprobada por Decreto Supremo No 102-2001-PCM.
- ✓ Reglamento de Ley General de Residuos Sólidos - D.S. No 057-2004-PCM y sus modificatorias,

Todas estas normas buscan establecer medidas que se deben adoptar a fin de poder devolverle a la naturaleza un ecosistema lo más parecido a lo existente antes de que se iniciara la actividad minera.

El artículo 2º de la Ley 28271, “Ley que regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera” (2004) , define a los pasivos ambientales como:

Aquellas 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”.

En esa medida, el objetivo de lo que viene a ser plan de cierre de una mina busca rehabilitar el área utilizada o perturbada por la actividad minera para que la misma alcance características de ecosistema compatible con un ambiente saludable y adecuado para el desarrollo de la vida y la preservación paisajista

Lo anterior, va ligado, como lo señalan Cedrón (2013) y (Benavides 2012) con el concepto de la propuesta sobre la Nueva Minería del Siglo XXI; esto es: no solo rehabilitar los pasivos ambientales producidos, sino convertirlos en activos que generen valor sostenible en el tiempo y se proyecten más allá de la vida de la mina, generando el desarrollo de otras actividades sostenibles en el tiempo y compatibles con la vocación productiva agrícola, ganadera y minera de las regiones donde se desarrolla esta actividad.

A lo anterior se une el enfoque del desarrollo sustentable el cual se aplica al desarrollo socio-económico. Este concepto se acuña a partir del informe “Nuestro Futuro Común” ONU (1987), cuando se preparaba la Conferencia Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo de la Organización de las Naciones Unidas. En este informe preparado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo define al desarrollo sustentable como la capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.

El concepto agrupa tres dimensiones: sostenibilidad ambiental, social y económica, contraponiendo el problema de la degradación ambiental que tan frecuentemente acompaña el crecimiento económico y, al mismo tiempo, la necesidad de ese crecimiento para aliviar la pobreza.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Pasivos ambientales mineros

Sotomomayor (2016), señala que las actividades minero metalúrgicas subterráneas o de tajo abierto, generan residuos diversos como: los botaderos o depósitos de desmontes, los depósitos de relaves que constituyen las principales fuentes de contaminación de los lechos de río, pilas de lixiviación, generación de aguas ácidas de las instalaciones de planta concentradora, descarga de sedimentos, residuos metalúrgicos; a ello se añaden, los residuos provenientes de las instalaciones de talleres de mantenimiento, subestaciones eléctricas, estaciones de combustible, instalaciones de campamentos y oficinas, rellenos sanitarios entre otros. Estos residuos generan impactos tanto en la salud y la calidad de vida de las poblaciones aledañas, además de la contaminación del suelo, agua, flora y fauna y el ecosistema en general.

Los riesgos dependerán de las características de los residuos, su magnitud e intensidad. Así, las concentraciones de metales pesados al contacto con el cuerpo receptor pueden provocar daños irreversible.

Una aproximación a las consecuencias que puede ocasionar la actividad minera, se recoge en la matriz de los componentes de las actividades mineras y sus posibles impactos (tabla 2).

Tabla 1.

Matriz de identificación de impactos de pasivos ambientales mineros: Inestabilidad geotécnica (IG), Drenaje ácido (DA), Erosión de suelos (ES), Emisión de polvos (EP), descarga de sedimentos (DS), Riesgo de accidentes (RA), Alteración de paisaje (AP) y Efectos a la comunidad (EC).

	<i>IG</i>	<i>DA</i>	<i>ES</i>	<i>EP</i>	<i>DS</i>	<i>RA</i>	<i>AP</i>	<i>EC</i>
Botaderos de desmontes	X	X	X	X	X		X	X
Depósitos de relaves	X	X	X	X	X	X	X	X
Pilas de lixiviación	X	X	X				X	X
Labores subterráneas	X	X				X		
Labores de tajo abierto	X	X	X	X	X		X	
Residuos industriales	X	X	X	X	X	X		X
Instalaciones de plantas Abandonadas		X					X	
Instalaciones de campamento y oficinas							X	
Chatarras de equipos y maquinarias			X				X	

Fuente: Tomado de Sotomayor (2016)

2.3.2. Relaves mineros

La Guía Ambiental Para el Manejo de Relaves Mineros (2011), define a los relaves como el deshecho mineral sólido de tamaño entre arena y limo provenientes del proceso de concentración que son producidos, transportados o depositados en forma de lodo

Rojas (2007), refiriéndose a los relaves señala que estos son, por lo general, los desechos provenientes de procesos metalúrgicos como la flotación, la cianuración y el carbón de pulpa que se da a los minerales que poseen contenido de metales preciosos como Au, Ag, o metales básicos como Cu, Pb, Zn entre otros minerales.

Estos procesos varían en función al mineral tratado en planta y las operaciones de procesamiento de las partículas. Dentro de los principales problemas que generan los relaves están:

- Presencia de sólidos en suspensión y metales disueltos
- Reactivos que provienen de las plantas concentradoras.
- Generación de aguas ácidas y lixiviación de metales a largo plazo.

- Requerimiento de grandes áreas de superficie para su almacenamiento

Su tratamiento y disposición requiere de un área lo suficientemente amplia para su almacenamiento, el cual se dificulta por la difícil geografía de difícil acceso en la que se ubican los asientos mineros

El yacimiento de la Compañía minera Raura, se ubica en la cumbre de las montañas de la Cordillera Occidental Andina, por lo que no es fácil encontrar un área apropiada para almacenar grandes volúmenes de relaves, usándose las depresiones naturales como depósitos que no garantiza los efectos que pudieran causar por no haber una adecuada disposición de los mismos.

Tipos y características de los relaves

Respecto a los tipos de relaves, estos tienen una amplia variedad de características físicas de manera que su generalización es difícil. Esto se complica aún más, si se considera que los relaves de cualquier tipo de mineral pueden diferir sustancialmente, de acuerdo con el proceso de la planta y la naturaleza de la roca mineralizada.

Para la Guía Ambiental Para el Manejo de Relaves Mineros (2011), además de los relaves provenientes de procesos metalúrgicos, hay otras fuentes como:

- **Los desmontes de las minas:** roca extraída durante el minado para así acceder al mineral.
- **Los residuos de pilas de lixiviación:** provienen de un tipo de extracción mineral que consiste en que sea al mineral, chancado o no, se le añade soluciones de cianuro para oro o ácido sulfúrico para cobre por medio de una irrigación superficial o por infiltración
- **Las escorias:** provienen del enfriamiento de los residuos fundidos derivados de la fundición de concentrados de metales básicos
- **Los lavaderos de oro:** se producen por operaciones de dragados de oro y, con menos frecuencia, en el dragado de minerales de estaño.
- **Relaves de JIG:** son producidos por la separación gravimétrica, casi siempre en combinación con la molienda en las operaciones auríferas comunes.

- Otros como la: pre concentración y la concentración gravimétrica.

En la Unidad minera de Raura, los relaves son, mayormente de plomo-zinc, y, en menor medida, de cobre y se encuentran asociados. Con frecuencia, son extraídos conjuntamente o, algunas veces, en combinación con la plata y la concentración en la planta de refinación se realiza por el método de flotación diferencial de espuma con un pH ligeramente alcalino.

Para la Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Ácido de Mina (2007), un problema que afecta los depósitos de relaves de la minería poli metálica es la oxidación de sulfuros, especialmente la pirita, cuando están presentes en la roca mineralizada. Se oxida con la presencia de oxígeno libre produciendo condiciones de acidez, el mecanismo básico de esta reacción es la combinación de metal sulfuroso con agua y oxígeno para producir un hidróxido de metal y ácido sulfúrico.

Respecto a los efluentes líquidos de los relaves, Rojas (2007), señala que la naturaleza líquida de los relaves no puede ser considerada en forma separada de las características químicas del efluente líquido asociado a la planta; en esa medida, el diseño de los depósitos de relave debe estar influenciado no solo por la naturaleza de los sólidos sino, también, por los efluentes y se requiere un conocimiento general de los constituyentes químicos del efluente de la planta.

2.3.3. Clases de efluentes

La Guía Ambiental Para el Manejo de Relaves Mineros (2011), señala que los procesos en las plantas concentradoras se inician con el chancado del mineral proveniente de la mina hasta reducirlos a tamaños de partícula a los que se añade la flotación, involucran alteraciones químicas del mineral.

La flotación que opera sobre el principio de que las partículas individuales que contienen el mineral que se desea extraer se hacen receptivas selectivamente a pequeñas burbujas de aire que se adhieren a estas partículas y las elevan a la superficie de un tanque agitado luego, se agregan una variedad de químicos orgánicos que pocas veces son de mayor preocupación en el efluente de la planta, pues tienen bajas concentraciones y comparativamente baja toxicidad; sin embargo, el ajuste del pH durante la flotación tiene efectos

significativos sobre los constituyentes inorgánicos del efluente de la planta, y su efecto es acentuado si se utiliza una lechada alcalina o ácida.

Los constituyentes químicos mineralógicos de la roca mineralizada son los factores más importantes en la determinación de la naturaleza química del efluente de la planta y el ajuste que se hace del pH durante el tratamiento de flotación libera algunos de esos constituyentes de la roca madre. Es pues el pH, un indicador útil de los constituyentes en el efluente de la planta y en tal sentido pueden ser definidas varias categorías de efluentes los que son:

pH NEUTRAL: Es producida por operaciones de lavado o separación por gravedad, donde el pH no es sustancialmente alterado. Los constituyentes químicos en el efluente serán primariamente limitados los de la roca madre que son solubles en un pH neutral. Los niveles de sulfatos, cloros, sodio y calcio pueden ser algo elevados para efluentes de esta clase.

pH ALCALINO: Incrementando el pH del efluente trae como resultado concentraciones elevadas de sulfatos, cloruros, sodio y calcio entre otros.

pH ÀCIDO: Disminuyendo el pH se levantan los niveles de equilibrio de muchos contaminantes metálicos y los efluentes ácidos pueden mostrar niveles altos de constituyentes catiónicos como hierro, manganeso, cadmio, selenio, cobre, plomo, zinc y mercurio, si está presente en la roca madre. Los efluentes ácidos también exhiben concentraciones elevadas de aniones como sulfatos y/o cloruros. Los efluentes de los desechos líquidos de las plantas de concentración de bajo pH son los que ocasionan los mayores problemas en los suelos y la aguas.

2.3.4. Técnica de Remediación de relaves

La publicación de Volke et al (2002) y la investigación de Lopez (2011) señalan que las tecnologías de remediación se pueden clasificar de diferentes maneras, en base a los siguientes principios:

- (i) **por la estrategia de remediación:** Son tres las estrategias básicas que se pueden usar sea separadas o, en conjunto, para remediar la mayoría de los sitios contaminados. Estas son:

- ✓ **Destrucción o modificación de los contaminantes.** Este tipo de tecnologías busca alterar la estructura química del contaminante apropiada para el tratamiento de residuos cuya naturaleza es principalmente, orgánica y combustible.

 - ✓ **Extracción o separación.** Los contaminantes se extraen y/o separan del medio contaminado, aprovechando sus propiedades físicas o químicas (volatilización, solubilidad, carga eléctrica) utilizando soluciones de lavado o extractoras y a los procesos combinados. Las más conocidas son: Soil Washing, Soil Vacuum, Soil Venting

 - ✓ **Aislamiento o inmovilización del contaminante.** Los contaminantes son estabilizados, solidificados o contenidos con el uso de métodos físicos o químicos. El suelo es tratado con un agente que lo encapsula y lo aísla.
- ii) por el lugar en que se realiza el proceso de remediación:** se distinguen dos tipos de tecnología
- a) **Rehabilitación in situ:** “Son las aplicaciones en las que el suelo contaminado es tratado, o los contaminantes se remueven del suelo contaminado sin necesidad de excavar el sitio. Se realizan en el mismo sitio en donde se encuentra la contaminación”.

 - a) **Rehabilitación ex situ:** Este tipo de tecnologías requiere de excavación, dragado o cualquier otro proceso para remover el suelo contaminado antes de su tratamiento que puede realizarse en el mismo sitio o fuera de él. La tabla 3 resume las ventajas y desventajas de la remediación in situ y ex situ.

Tabla 2.

Ventajas y desventajas de las tecnologías de remediación, in situ y ex situ

	IN SITU	EX SITU
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">➤ Permiten tratar el suelo sin necesidad de excavar ni transportar➤ Potencial disminución de costos	<ul style="list-style-type: none">- Menor tiempo de tratamiento- Más seguros en uniformidad: es posible omogeneizar y muestrear periódicamente
Desventajas	<ul style="list-style-type: none">- Mayor tiempo de tratamiento- Pueden ser inseguros en uniformidad: heterogeneidad en las características del suelo- Dificultad para verificar la eficacia del proceso	<ul style="list-style-type: none">- Necesidad de excavar el suelo- Aumento en costos e ingeniería para equipos- Debe considerarse la manipulación del material y la posible exposición al contaminante

Fuente: Volke S, y Velasco Trejo J. (2002). Tecnologías de remediación para suelos contaminados

Respecto a las técnicas de remediación de rehabilitación in situ tenemos las siguientes:

- a) **Estabilización física mediante el tendido del talud y muro de contención al pie del talud.**

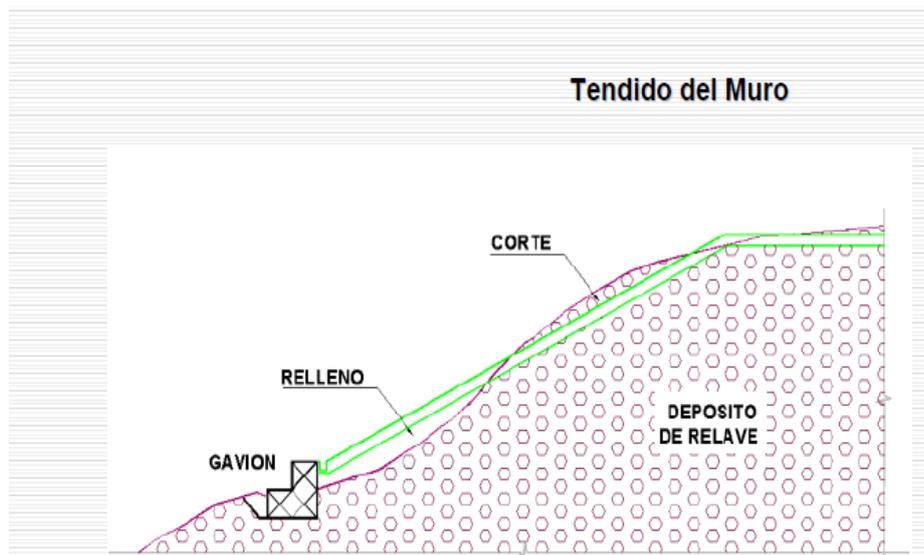


Figura 1. Estabilización física.

Fuente: FONAM – Fondo Nacional del Ambiente Perú, 2015

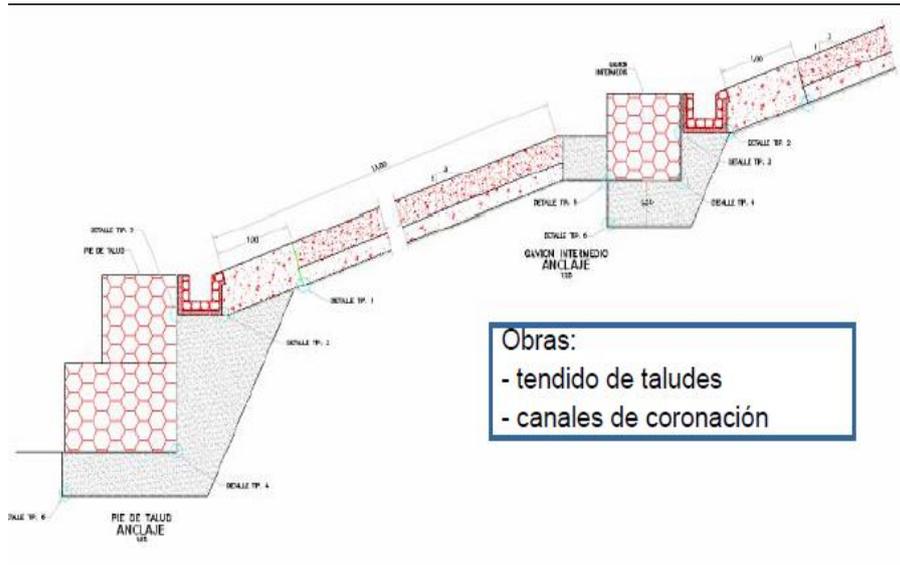


Figura 2. Estabilización física.
Fuente: FONAM – Fondo Nacional del Ambiente Perú, 2015

b) Estabilización hidrológica mediante obras civiles, canales de coronación con efectivo sistema de descarga. Diseños de los sistemas de drenaje superficial y subdrenaje.

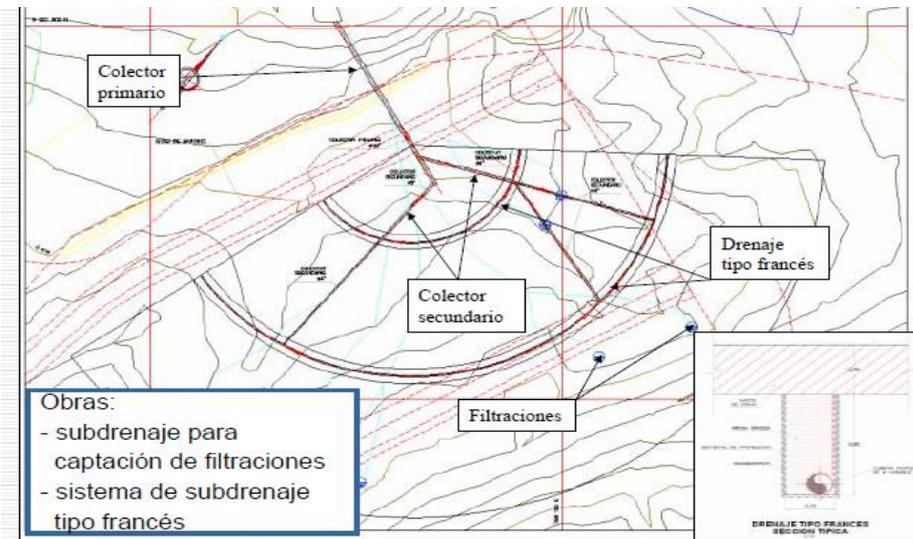


Figura 3. Estabilización hidrológica
Fuente: FONAM – Fondo Nacional del Ambiente Perú, 2015

c) **Revegetación, cobertura y vegetación de los taludes de las relaveras, desmontes y zonas erosionadas.**

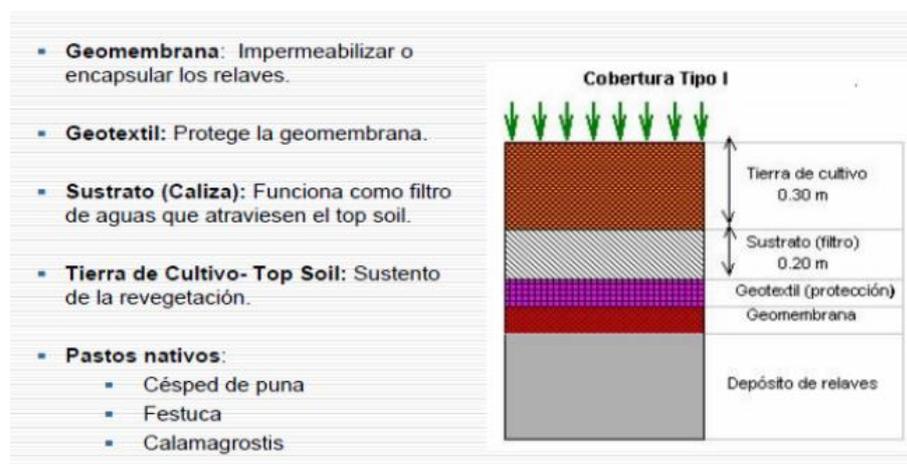


Figura 4. Revegetación de relaves
Fuente: FONAM – Fondo Nacional del Ambiente Perú, 2015

iii) **Por el tipo de tratamiento**

- **Tratamientos biológicos** (biorremediación). Utilizan las actividades metabólicas de ciertos organismos (plantas, hongos, bacterias) para degradar (destrucción), transformar o remover los contaminantes a productos metabólicos inocuos.
- **Tratamientos fisicoquímicos.** Este tipo de tratamientos, utiliza lo que son propiedades físicas o químicas de los contaminantes o el medio contaminado para destruir, separar o contener la contaminación.
- **Tratamientos térmicos.** Utilizan calor para incrementar la volatilización (separación), quemar, descomponer o fundir (inmovilización) los contaminantes en un suelo.

Tabla 3.
Ventajas y desventajas de las tecnologías de remediación

	Ventajas	Desventajas
Tratamientos biológicos	<ul style="list-style-type: none"> - Son efectivos en cuanto a costos - Son tecnologías más benéficas para el ambiente - Los contaminantes generalmente son destruidos - Se requiere un mínimo o ningún tratamiento posterior 	<ul style="list-style-type: none"> - Requieren mayores tiempos de tratamiento - Es necesario verificar la toxicidad de intermediarios y/o productos - No pueden emplearse si el tipo de suelo no favorece el crecimiento microbiano

Tratamientos fisicoquímicos	Son efectivos en cuanto a costos - Pueden realizarse en periodos cortos - El equipo es accesible y no se necesita de mucha energía ni ingeniería	Los residuos generados por técnicas de separación, deben tratarse o disponerse: aumento en costos y necesidad de permisos - Los fluidos de extracción pueden aumentar la movilidad de los contaminantes: necesidad de sistemas de recuperación Es el grupo de tratamientos más costoso
Tratamientos térmicos		

Fuente: Volke S, y Velasco Trejo J. (2002). Tecnologías de remediación para suelos contaminados

2.3.5. Revegetación de relaves

Para García (2018), la vegetación tiene un papel importante en los ecosistemas pues, no solo es parte del paisaje sino que, influye de forma directa en el balance hídrico, la biodiversidad o la estabilidad física del terreno siendo una cobertura vegetativa que se perpetúe a si misma y es el método preferido para la protección contra la erosión por largo tiempo de las superficies de los relaves.

La publicación de la Fundación Chile (2011), señala que la fitorremediación es un proceso que utiliza plantas para remover, transferir, estabilizar, concentrar y/o destruir contaminantes. Se utiliza para contaminantes de tipo orgánico e inorgánico en suelos, lodos y sedimentos y puede aplicarse tanto In Situ como Ex Situ.

Según Díaz (2010), la cobertura vegetal es muy importante pues protege al suelo de la erosión ocasionada por el viento y el agua. En el caso de suelos descubiertos la cobertura se realiza mediante la siembra o trasplante (revegetación) de plantas acordes con los ecosistemas de la zona.

La publicación de la Dirección General de asuntos ambientales mineros (2007), señala que la revegetación de las rocas de desmontes y canchas de relaves, busca reducir la contaminación por lixiviados en áreas donde se han depositado los relaves e integrarlas al entorno ecológico y paisajístico proporcionándoles las condiciones ecosistémicas que potencialmente lo dejarían apto para otros usos y que el objetivo de la revegetación es cubrir el 100% del área tratada; en esa medida, la revegetación, toma unos 5 años, en los que no están permitidos el ingreso de personas ni animales al área de trabajo, además, 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 la pérdida de suelo por la erosión eólica e hídrica. 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

Ventajas del Uso de la Vegetación

- Multifuncional
- Relativamente económica
- Se autorepara
- Es visualmente atractiva
 - Ayuda el medio ambiente
 - La revegetación con plantas nativas es un elemento muy importante

2.3.6- Limitaciones que se tiene el uso de plantas en programa de revegetación de coberturas de relaves y rocas de desmonte

- ❖ Dificultad para el establecimiento de la vegetación en caso de pendientes altas.
- ❖ Escasez de semilla en el mercado local. Es difícil conseguir semilla particularmente de especies nativas.
- ❖ Susceptibilidad a quemas que es una practica común en la zona altoandina..
- ❖ Susceptibilidad a las sequías, particularmente las especies introducidas son exigentes en agua y requieren de riego para un buen establecimiento.
- ❖ Baja resistencia a la socavación
- ❖ Lentitud de germinación y crecimiento
- ❖ Se tiene menos experiencia
- ❖ Con frecuencia son retiradas por los animales, pues representan su alimento

Las ovejas no permiten el buen establecimiento de la vegetación, ellas arrancan el pasto ocasionando daños graves a la planta y dejando descubierto el suelo, el cual luego es dañado por la erosión. Se debe prohibir el ingreso de estos animales a las áreas revegetadas.

2.3.7- Proceso de Revegetación de Coberturas de Relaves y Rocas de Desmonte

Comprende las siguientes actividades:

- Determinación del uso de la tierra en la etapa previa como en lo que vendría a ser la actividad post minera.
- Retiro, almacenamiento y mejoramiento de lo que vienen a ser tanto las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo utilizado para la revegetación de coberturas de rocas de desmonte y relave
- Selección de las especies de plantas a ser utilizadas en los programas de revegetación de coberturas de relaves y rocas de desmonte.
- requerimientos de suelo
- requerimientos de clima
- principales métodos de propagación

2.3.8.- Manejo y monitoreo de las tierras revegetadas

El manejo apropiado de un sitio revegetado es crítico debido a que se pretende su sostenibilidad a largo plazo y se estima que esto toma, por lo menos, 4 años. Ello va a implicar hacer muestreos de la vegetación y hacerse observaciones de pérdida de suelo debido a la erosión eólica e hídrica. 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. La frecuencia de medición también es variable y dependerá del parámetro monitoreado. Respecto a los criterios a emplear en la selección de los equipos adecuados para el monitoreo, se establecerán los siguientes:

- ✓ Rango y precisión de las mediciones
- ✓ Efecto del tiempo
- ✓ Mantenimiento del campo
- ✓ Tipo de suelos
- ✓ Capacidad de registro
- ✓ Método de instalación

- ✓ Radio de mediciones
- ✓ Efecto de la salinidad
- ✓ Costo de adquisición del equipamiento de monitoreo

2.4. Definiciones conceptuales

Canchas de relaves: Depósitos denominados como canchas o tranques usadas para colocar los relaves de operaciones mineras. Su principal función es permitir el tiempo suficiente para que los residuos de metales pesados se sedimenten o para que el Cianuro se filtre o “destruya” antes que el agua sea reciclada nuevamente en el molino o tratada antes de ser descargada en la cuenca local.

Capacidad de uso del suelo" se refiere al potencial de un suelo como recurso para desarrollar diferentes cultivos y formas de agricultura.

Conductividad eléctrica del suelo: Determina la salinidad del suelo. Para ello, se toma una relación suelo: agua (1:1) utilizando 100 g de suelo al que se añade 100 ml de agua destilada, la suspensión suelo se deja reposar durante 15 minutos y se registra la lectura mediante un conductímetro calibrado.

Cuerpo receptor: Es el ecosistema donde tienen o pueden tener destino final los residuos peligrosos ya tratados por operaciones de eliminación. No se considerarán cuerpos receptores, las plantas de tratamiento ni de disposición final.

Daño ambiental o impacto ambiental negativo: cualquier modificación adversa de los procesos, funciones, componentes ambientales o la calidad ambiental (sean elementos abióticos o bióticos). en efectos prácticos, el impacto ambiental negativo corresponde a degradación ambiental

Daño ambiental (real o potencial): alteración material en las especies (cuerpos bióticos) y a la salud de las personas: puede ser generado directamente producto de la contaminación ambiental

Diversidad Biológica.- Se refiere a la variación de los organismos vivos provenientes de fuentes como los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos. Incluye la diversidad de cada especie y de los ecosistemas

Efluente: Descarga directa de aguas residuales al ambiente, su concentración de contaminantes es medida a través de los Límites Máximos Permisibles (LMP).

Estándares de calidad ambiental (ECA): medida para fijar el nivel de concentración de los elementos, sustancias o parámetros físico químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, y que no son un riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Fuentes de contaminación: Es el lugar de donde un contaminante es liberado al ambiente. Las fuentes de contaminación pueden ser fuentes puntuales o fijas, así como fuentes dispersas o de área y también fuentes móviles.

Impacto Ambiental: Es la alteración de algunos de los componentes del ambiente, provocada por la acción de un proyecto. El “impacto” es la diferencia entre qué habría pasado con la acción y que habría pasado sin ésta.

Límite Máximo Permisible (LMP): “es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos. químicas y biológicos. que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causan o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente”.

Metales pesados: son aquellos elementos químicos que presentan una densidad igual o superior a 5 g/cm³ cuando están en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 40 incluyendo a los metales alcalinos y alcalinotérreos. Ambientalmente abarca elementos de transición (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn) al igual que metaloides (As y Sb) por tanto son todos metales.

Monitoreo ambiental: Comprende la recolección, análisis, y evaluación sistemática y comparable de muestras ambientales en determinado espacio y tiempo.

Pasivos ambientales mineros (PAM): Los Pasivos Ambientales Mineros son los daños no compensados producidos por una determinada empresa al medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida (exploración, construcción, operación y cierre).

pH. Se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno: $\text{pH} = \log 1/[\text{H}^+] = - \log [\text{H}^+]$, mide la actividad de los iones hidrógenos; esto significa que a una

mayor concentración de iones hidrógeno tendremos que el pH será más bajo. Así un pH bajo indica alto grado de acidez

Plan de descontaminación de suelos. Instrumento de gestión ambiental que tiene por finalidad remediar los impactos ambientales originados por una o varias actividades pasadas o presentes en los suelos. Los tipos de acciones de remediación que se podrán aplicar, sola o en combinaciones, son:

- acciones de remediación para la eliminación de los contaminantes del sitio,
- acciones para evitar la dispersión de los contaminantes,
- acciones para el control del uso del suelo, y
- acciones para monitoreo del sitio contaminado.

La presentación del Plan de Descontaminación de Suelos no exime a la organización de elaborar y presentar los otros documentos de gestión ambiental propios de la actividad.

Puntos de Exposición. Lugares donde es posible encontrar presencia de contaminantes y donde los receptores, a través de alguna vía, pueden entrar en contacto con los medios contaminados (medios de contacto).

Relaves.- Los relaves son generalmente los desechos de mineral sólido de tamaño entre arena y limo provenientes del proceso de tratamiento de concentración metalúrgica que se da a los minerales con contenido metálico como el Au, Ag y metales básicos como el Cu, Pb, Zn, entre otros, que son producidos, transportados o depositados en forma de lodo.

Remediación. Tarea o conjunto de tareas a desarrollarse en un sitio contaminado con la finalidad de eliminar o reducir contaminantes, a fin de asegurar la protección de la salud humana y la integridad de los ecosistemas.

Revegetación.- Tiene por finalidad el restaurar la cobertura vegetal de aquellas zonas en las que se interviene. Se basa en aprovechar las características de la vegetación de cada zona recuperando la estructura y composición similares a las que existían anteriormente.

Riesgo.- Probabilidad o posibilidad de que un contaminante pueda ocasionar efectos adversos a la salud humana, en los organismos que constituyen los ecosistemas o en la calidad de los suelos y del agua en función de las características y de la cantidad que entra en contacto con los receptores potenciales, incluyendo la consideración de la magnitud o

intensidad de los efectos asociados y el número de individuos, ecosistemas o bienes que, como consecuencia de la presencia del contaminante, podrían ser afectados tanto en el presente como en escenarios futuros dentro del uso actual o previsto del sitio.

Suelo contaminado.- aquel cuyas características químicas fueron alteradas por la presencia de sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana, según lo establecido en el D.S. N° 002-2013-MINAM.

Tecnología de tratamiento: implica cualquier operación unitaria o la serie de operaciones unitarias que alteran la composición de una sustancia peligrosa o contaminante a través de acciones químicas, físicas o biológicas de manera que reduzcan la toxicidad, movilidad o volumen del material contaminado.

Tecnologías de remediación de suelos y/o aguas subterráneas: abarcan todas aquellas operaciones que tienen por objetivo reducir la toxicidad, movilidad o concentración del contaminante presente en el medio mediante la alteración de la composición de la sustancia peligrosa o del medio a través de acciones químicas, físicas o biológicas.

2.5. Formulación de la hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

- Ha: El cumplimiento del plan de limpieza contribuye a la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha.

2.5.2. Hipótesis específicas

- El cumplimiento del Plan de limpieza contribuye en la eficiencia técnica de revegetación empleada para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha.
- El cumplimiento del plan de limpieza contribuye en la eficacia del sustrato de cobertura utilizado para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

3.1.1. Tipo de investigación

El estudio fue aplicado.

3.1.2. Nivel de investigación

La investigación fue de nivel explicativo.

3.1.3. Diseño

El estudio se basó en un diseño experimental del tipo cuasiexperimental, dado que la investigación buscó probar como la variable plan de limpieza influye en la remediación de los relaves de la laguna.

La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$O_1 \quad x \quad O_2$$

Donde:

X = Variable independiente (Plan de limpieza)

O1 = Mediciones pre test (antes) de la variable dependiente

O2 = Mediciones pos test (después) de la variable dependiente

3.1.4. Enfoque

El estudio por su enfoque fue cuantitativo

3.2. Población y muestra

3.2.1 Población

El estudio se delimitó a la laguna de Caballococha, ubicada a 4573 msnm y que forma parte del conjunto de cuerpos de aguas que constituyen la cuenca de la laguna Lauricocha. El área total de la laguna es de 2,75 Ha y su volumen es de 3 579 762 m³. La misma fue el

depósito de relaves de la plata concentradora, con el paso del tiempo, ha formado, una cancha de relaves de aproximadamente 80.000m² en gran parte de la zona adyacente de la laguna.

3.2.2 Muestra

En relación a la muestra de estudio, los trabajos se realizaron en un área de 1.834,24m² a orillas de la Laguna Caballococha. El área en referencia corresponde a una muestra no probabilística.

3.3. Operacionalización de variables e indicadores

Los detalles referidos a la operacionalización de las variables se muestran en la tabla adjunta.

Tabla 4

Cuadro de operacionalización de variables e indicadores

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente.	Conjunto de actividades a ser implementadas a fin de cumplir con los criterios ambientales específicos para conservar el ambiente y mejorar la calidad de vida del entorno contribuyendo a evitar la generación de conflictos PARA mantener una buena relación con la población involucrada	CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE LIMPIEZA	Avance del área de limpieza (m ²) Área total a ser limpiada (m ²) Área total revegetada en buen estado (m ²) Área total revegetada (m ²)
PLAN DE LIMPIEZA			
Variable dependiente	Los relaves son los desechos tóxicos subproductos de procesos mineros y concentración de minerales; la remediación de estos se relaciona con el conjunto de procesos a través de los cuales se recupera las condiciones y características naturales de ambientes que han sido objeto de daño restaurándolo a un estado que no sea una amenaza para la salud humana, flora, fauna y ecosistema	TÈCNICA DE REVEGETACIÓN EMPLEADA EFICACIA DEL SUSTRATO DE COBERTURA UTILIZADO	pH del suelo, conductividad eléctrica % Concentración de metales pesados en el suelo
REMEDIACIÓN DE LOS RELAVES			

Fuente: Autoría propia

Los detalles de las matrices de consistencia y de coherencia se muestran en los anexos 1 y 2.

3.4. Ubicación geográfica del lugar de estudio

Las instalaciones mineras se ubican en la localidad de Raura, entre las coordenadas 10° 26´ de Latitud Sur y 76° 44´ de Longitud Oeste, entre los 4300 m.s.n.m. a 4800 m.s.n.m. El Plan de limpieza y remediación de los relaves se delimitó a un área de 1.834,24 m² adyacente a las orillas de la Laguna Caballococha (figuras No 19 y 20) donde se ubica la planta concentradora de la Unidad Minera Raura.



Figura 5. Lugar del estudio (foto 1)
Fuente: Galería fotográfica de la empresa



Figura 6: Lugar del estudio (foto 2)
Fuente: Galería fotográfica de la empresa

. La laguna Caballococha se ubica a 4,573 m.s.n.m., en la Provincia de Lauricocha, Distrito de San Miguel de Cauri, Departamento de Huánuco.

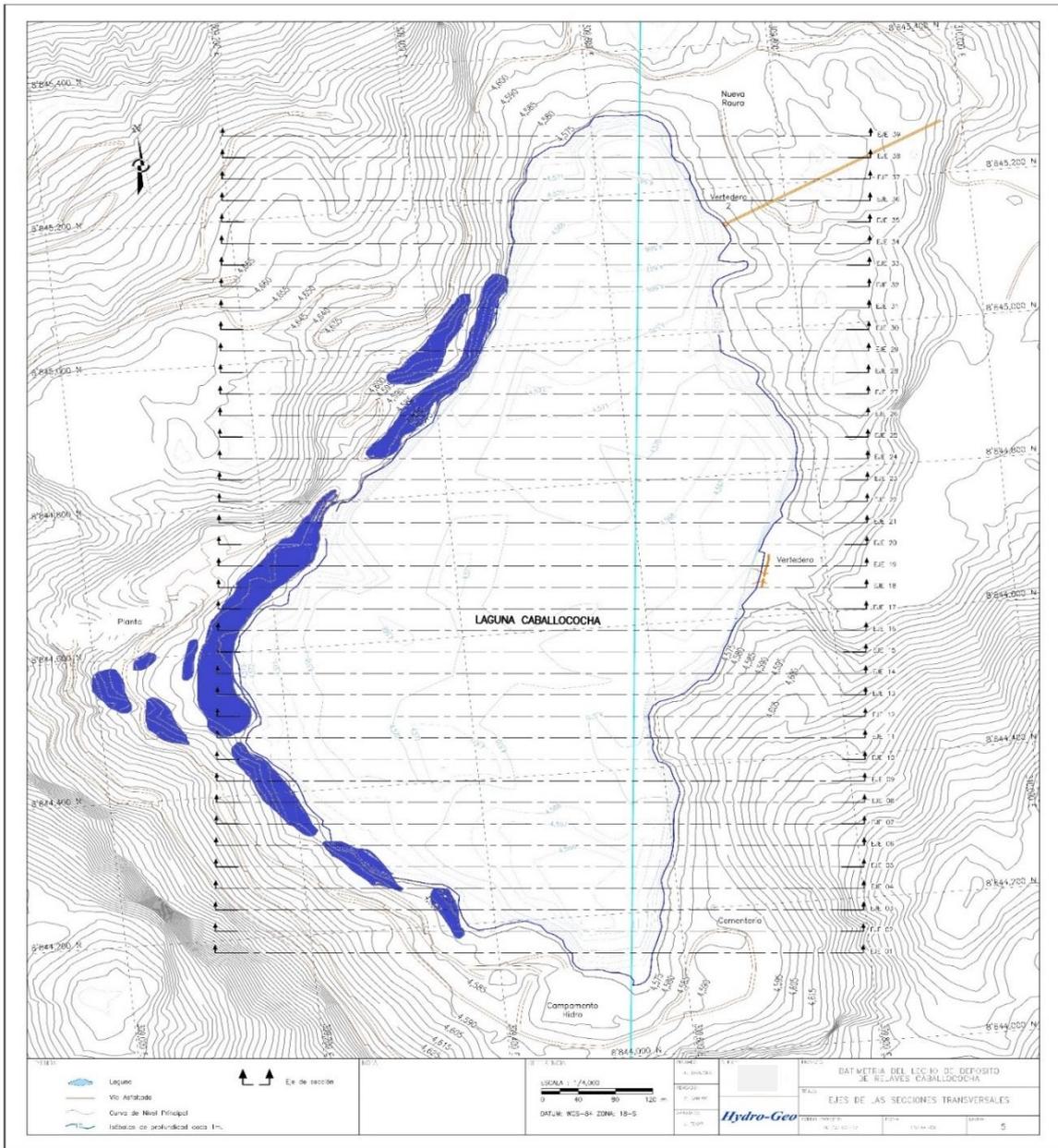


Figura 7. Plano Laguna de Caballococha

Fuente: Galería fotográfica de la empresa.

Tareas previas

De modo inicial, se evaluó la estrategia para la limpieza del terreno circundante en las orillas de la laguna Caballococha. Se determinó que en las zonas áridas sería sembrado ichu y rye grass; sin embargo, dado que el relave está a más de 1m respecto a la orilla, se adaptaron herramientas de uso manual para su retiro,

dotándose al personal equipos de protección personal (EPP) y dispositivos de anclaje para los trabajos cercanos a fuentes de agua.



Figura 8a. Zonas adyacentes a la orilla Laguna Caballococha
Fuente: galería fotográfica de la empresa



Figura 8b. Zonas adyacentes a la orilla Laguna Caballococha
Fuente: galería fotográfica de la empresa



Figura 8c. Zona proyectada para la colocación de totera
Fuente: Galería fotográfica de la empresa



Figura 8d. Zona proyectada para la colocación de totera
Fuente: Galería fotográfica de la empresa

La tarea relacionada con la limpieza del área a revegetar implicó la preparación previa del terreno y del sustrato para la revegetación así como el trasplante de la especie seleccionada evaluando su desarrollo. Además, se elaboró la matriz de identificación y evaluación de aspectos ambientales (anexo 3) y el Plan de manejo ambiental (anexo 4) tomando como referencia los formatos que para dicho fin ha establecido la compañía minera. Para disponer el material de relave, se estableció un punto de acopio inicial (figura 24 a y 24 b) y su posterior traslado a la presa de relaves de Nieve Ucro II a 4,557.080 m.s.n.m. (figuras 25 a y 25 b).



Figura 9 a. Zona transitoria de acopio de relaves
Fuente: galería fotográfica de la empresa



Figura 9 b. Zona transitoria de acopio de relaves
Fuente: galería fotográfica de la empresa



Figura 10a. Presa de disposición de relaves Nieve Ucro II
Fuente: galería fotográfica de la empresa



Figura 10b. Presa de disposición de relaves Nieve Ucro II
Fuente: galería fotográfica de la empresa

Plan de limpieza

Para el seguimiento del avance en el área del plan de limpieza y remediación de los relaves expuestos, se dividió el área 1.834,24 m² donde se ejecutó el Plan de limpieza. Se establecieron 4 parcelas 458.55 m² distribuyéndose los equipos de trabajo a cargo de las actividades operativas.

Se procedió así para evaluar el grado del cumplimiento del plan de limpieza como producto del avance efectuado por cada equipo respecto a tareas como: actividades limpieza previa del terreno, traslado del material de relave, preparación del sustrato y el trasplante de la especie seleccionada.



Figura 11a. Actividades de limpieza y preparación del terreno
Fuente: galería fotográfica de la empresa



Figura 11b. Actividades de limpieza y preparación del terreno
Fuente: galería fotográfica de la empresa

Los avances en el cumplimiento de las actividades del plan limpieza se midieron durante 4 semanas considerando los días efectivamente laborados por semana (6 días). Los datos referidos a los avances de cada equipo de trabajo y se muestran en la tabla No 6.

Debemos señalar que los terrenos donde la Compañía desarrolla sus actividades, cubren un área de 615 Ha, los que corresponden a lo que fue la Hacienda Quichas

423.8 Ha) y el fundo Antacallanca (191.2 Ha) los que se adquirieron por expropiación; en esa medida el Plan de limpieza solo abarcó las parcelas del terreno circundante a la laguna de Caballococha.

3.4.1. Técnicas empleadas Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Acciones previas

El uso de la tierra señaló el tipo y las prácticas de revegetación específicas que se siguieron. El terreno adyacente a la laguna de Yanacocha, según el Sistema de Clasificación de Tierras según su Capacidad de Uso Mayor MINAGRI (2009), pertenece al grupo P: tierras para pasto y a la clase P3; esto es, un terreno de una calidad agrológica baja para extensiones aptas para pastos naturales localizadas en las regiones alto andinas principalmente, sobre 3 500 m.s.n.m.

Selección de especies: Se buscó una especie nativa alto andina como el ichu (*Stipa ichu*) que tolera las altas concentraciones de metales del sustrato y acumula los metales en las raíces o tejidos subterráneos. Esto le permite lograr la mejor estabilización posible del sustrato de interés. Está adaptada al clima local y es capaz de soportar las heladas con un bajo requerimiento de agua, es tolerante a la sequía y es inocua para el medio ambiente.

Limpieza y acondicionamiento del área. Implicó recoger el material de desecho de área a ser limpiada y revegetada.



Figura 12: Tareas de limpieza y acondicionamiento

Fuente: galería fotográfica de la empresa

- a) **Descompactación del suelo:** Por la acumulación de relaves el suelo estaba compactado y era un sustrato poco apto para el crecimiento del icho. Se hizo la descompactación del mismo con picos, zapapicos mejorándose las condiciones físicas del suelo, en textura y capacidad de infiltración.



Figura 13: Descompactación del suelo

Fuente: galería fotográfica de la empresa



figura 14: Acondicionamiento material de relave

Fuente: galería fotográfica de la empresa

- b) **Sustrato de cobertura de los relaves en las áreas descompactadas:** Comprendió la reconfiguración del suelo superficial por incorporación de una

capa de materia orgánica (top soil), para el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas biológicas del suelo con fines de revegetación. Esta actúa como una barrera que disminuye la tasa de evaporación, evitando el rápido desecamiento del suelo.

El sustrato de cobertura lo formó una mezcla de tierra agrícola zarandeada, turba agrícola desmenuzada y zarandeada y arena gruesa mezcladas de manera uniforme en proporción de 1,5: 1,0: 0,5 respectivamente. El sustrato se tenía una reacción ligeramente ácida, rica en materia orgánica, nitrógeno y fósforo; pobre en potasio y libre de problemas de salinidad.

c) **conformación de las capas:** Se dispusieron cuatro capas encima del área de la playa de relave de la laguna utilizada como área a ser revegetada:

- ✓ Primera capa, 10 cm de mezcla compactada de relave y cal agrícola.
- ✓ Segunda capa, 5 cm de cal agrícola compactada.
- ✓ Tercera capa, 10 cm de arcilla finamente zarandeada y compactada. (Impermeabilizante).
- ✓ Cuarta capa superior expuesta, 20 cm de sustrato.

d) **Sembrío del material de revegetación:** Dado que los pastos nativos de zonas altoandinas de la familia gramínea como el ichu tienen semillas de un muy bajo poder germinativo y su propagación es mediante propagación asexual; la propagación de la especie utilizada se hizo por el trasplante de esquejes o hijuelos generalmente enraizados los que se sacaron de plantas madres que habían tenido un buen crecimiento y desarrollo y se encontraban bien conformadas. La siembra fue en hileras en contra de la pendiente para ir progresivamente logrando la cobertura total del área seleccionada.



figura 15: Acondicionamiento del material para sembrío

Fuente: galería fotográfica de la empresa



figura 16: Actividades de sembrío

Fuente: galería fotográfica de la empresa



figura 17: Panorámica del avance tareas de sembrío

Fuente: galería fotográfica de la empresa

3.4.2. Descripción de los instrumentos

- Las fichas de registro, que recogieron la data de los indicadores a evaluar

- Para las tareas de limpieza y actividades operativas: palas, picos, sacos de yute, láminas de polietileno biodegradables
- Equipos para la medición del pH, conductividad eléctrica, y equipos de laboratorio para valorar el contenido de metales pesados.

3.5. Técnicas para el procesamiento de la información

Análisis descriptivo

En el procesamiento y análisis de la información de los indicadores de las variables, se utilizó la información de campo generándose tablas con los resultados obtenidos. El procesamiento de los datos, consistió en realizar el análisis descriptivo, para ambas variables. Los resultados obtenidos con la estadística descriptiva se han basado en los datos obtenidos en el campo como parte de las actividades ejecutadas

Análisis inferencial

Debiéndose verificar las hipótesis de investigación; esta contrastación se llevó a cabo con herramientas estadísticas como el software SPSS versión 25 para el desarrollo del análisis inferencial.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Avance del área de limpieza

La tabla No 5 adjunta, recoge detalles de los avances en la limpieza efectuada por los diferentes equipos operativos en cada una de las parcelas en el área donde se ha ejecutado el plan de limpieza y remediación de los relaves expuestos

$$\frac{\text{Área con limpieza culminada (m}^2\text{)}}{\text{área total a ser limpiada (m}^2\text{)}}$$

Tabla 5
Avance del área de limpieza

Días	Parcela A (m ²)	% de superficie	Parcela B (m ²)	% de superficie	Parcela C (m ²)	% de superficie	Parcela D (m ²)	% de superficie
Sem. 1	112.10	24.45%	114.13	24.89%	113.10	24.66%	115.10	25.10%
Sem. 2	117.13	25.54%	115.10	25.10%	116.10	25.32%	114.13	24.89%
Sem. 3	116.17	25.33%	114.10	24.88%	117.25	25.57%	114.17	24.90%
Sem. 4	113.15	24.68%	115.22	25.13%	112.10	24.45%	115.15	25.11%
TOTAL	458.55m ²		458.55m ²		458.55m ²		458.55m ²	

Fuente. Autoría propia

4.2. Área total revegetada en buen estado

La vegetación tiene un papel muy importante en los ecosistemas pues, además de ser parte del componente estético del paisaje, influye de modo directo en el establecimiento del balance hídrico, la biodiversidad o en la estabilidad física del terreno y es una de las medidas que han demostrado una mayor eficacia en el control de la erosión hídrica y eólica a la que se expone un suelo o material, dándole un valor añadido a la tierra.

En el caso del *Stipa ichu*, pasto nativo altoandino, fue la especie utilizada con fines de revegetación. Es una especie rústica que se adapta muy bien a suelos de textura franco, muy pobres en nutrientes con pH menores a 5.5 y cuyas raíces se desarrollan a escasa profundidad (0 – 15 cms) y soporta muy bien las heladas y se desarrolla entre los 3500 a 5000 m.s.n.m. La expresión referida al indicador para evaluar el área revegetada en buen estado se muestra en la expresión

La evaluación del estado del área revegetada, se hizo semanalmente, en cada una de las parcelas de los diferentes equipos de trabajo conformados.

$$\frac{\text{Área total revegetada en buen estado (m}^2\text{)}}{\text{área total revegetada (m}^2\text{)}}$$

La programación de las mismas se inició dos semanas después de haberse culminado las actividades de revegetación. La tabla No 6 adjunta recoge el consolidado del área revegetada en buen estado (figura 18 a y 18b).

Tabla No 6
Área revegetada en buen estado

Características de la revegetación	Área parcela (m ²)				Superficie (%)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Cultivo en buen estado	453.25	451.86	450.79	449.76	98.84%	98.54%	98.31%	98.08%
Se observa poco crecimiento (m ²)	5.30	6.69	7.76	8.79	1.16%	1.46%	1.69%	1.92%
TOTAL	458.55	458.55	458.55	458.55	100%	100%	100%	100%

Fuente: Autoría propia



figura 18a: Evaluación del crecimiento área revegetada

Fuente: galería fotográfica de la empresa



figura 18b: Evaluación del crecimiento área revegetada

Fuente: galería fotográfica de la empresa

4.3. Variable dependiente

Los indicadores de la variable dependiente son el pH, la conductividad eléctrica y concentración de metales pesados. Están referidos al monitoreo de calidad de suelos, toman como referencia los límites permisibles de los estándares de calidad ambiental para suelos (ECA) D.S. No 011-2017-MINAM (anexo 5), para el diseño y la aplicación de instrumentos de gestión ambiental.

La tabla 7 recoge detalles de los valores guía de referencia para los indicadores considerados en la investigación, en tanto que la tabla 8 muestra los hallazgos por los muestreos y análisis efectuados.

Tabla 7
Indicadores de referencia ECA para suelos

Indicadores	Método	Unidad	Límite de detección	Valor guía ECA por uso de suelo Categoría 6 (suelo extractivo)
Fisicoquímicas				
pH	EPA 150.1	valor pH	0,1	6,5 – 8,5
Conductividad Eléctrica	EPA 120-1	µS/cm	0,1	≤ 2000
Inorgánicos				Valor guía ECA Suelo Extractivo
Metales pesados (As, Cd, Pb)	EPA 3050 EPA 3051	mg/Kg (peso seco)		140 (As) 22 (Cd) 800 (Pb)

Fuente: Valores guía: Decreto supremo 011-2017-MINAM del 01/12/2017.

NOTA: Suelo extractivo: Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.

Respecto a la capacidad de uso mayor de las tierras en el área de influencia de la Unidad Minera, estas son tierras aptas para pastos y tierras de protección. Las áreas con potencial para pastos tienen una calidad agrológica media a baja con limitación principalmente por el factor edáfico, topográfico, drenaje y climático y las tierras de protección presentan fuertes limitaciones edáficas y topográficas por lo que no permite el desarrollo de actividad agrícola alguna

La compañía tiene como política el desarrollar un seguimiento sostenido respecto al monitoreo de la calidad de los suelos en toda la zona del ámbito geográfico donde desarrolla sus actividades.

Para ello tiene establecidas 27 estaciones de monitoreo en las que se hace un seguimiento del estado de la flora y fauna (aves, mamíferos, anfibios y reptiles) presentes en las estaciones de la Cuenca Lauricocha (anexo 3). Estas estaciones, además, efectúan mediciones de las concentraciones de cianuro libre, cromo hexavalente, bifenilos policlorados (PCB), fracción de hidrocarburos F1(C6-C10), fracción de hidrocarburos F2(>C10-C28), fracción de hidrocarburos F3(>C28-C40), Hidrocarburos aromáticos (PAHS), compuestos orgánicos volátiles (VOCs) y metales pesados en suelos.

4.3.1 Indicadores de la variable independiente

pH del suelo

Mide la actividad de los iones hidrógenos; esto es: a una mayor concentración de iones hidrógeno tendremos que el pH será más bajo el cual indica alto grado de acidez la cual es nociva para los suelos.

La tabla adjunta (tabla 8) recoge el detalle de las mediciones efectuadas respecto a los valores del pH las que se hicieron con el inicio de las actividades de remediación y las que se efectuaron a los 45 y, 90 días después de culminadas estas actividades

Tabla 8
Indicadores de pH

Valores iniciales en las parcelas				
Indicador	A	B	C	D
pH (al inicio)	6,7	6,6	6,9	6,9
Valores después de la revegetación				
Indicador	A	B	C	D
pH (a 45 días)	6.8,	6.7	7.1	7.0
pH (a 90 días)	7.0	6.9	7.0	7.2

Fuente: Autoría propia

Conductividad eléctrica

Determina la salinidad del suelo; donde una vez preparada la muestra se registra la lectura mediante un conductímetro calibrado. La tabla 10 adjunta recoge el detalle de las mediciones efectuadas.

Tabla 9
Conductividad eléctrica del suelo

Indicador	Valores iniciales en las parcelas (dS/m)			
	A	B	C	D
conductividad (al inicio)	198 9	1987	1984	1989
conductividad (a 45 días)	A 199 5	B 1990	C 1994	D 1995
conductividad (a 90 días)	199 7	1998	1996	1998

Fuente: Autoría propia

Concentración de metales pesados en el suelo

La toma de muestras y el monitoreo de los indicadores de calidad de suelo se realizó en la zona de trabajo llevándose a cabo las mediciones de las concentraciones de metales pesados en las instalaciones de la empresa tomando como referencia métodos normalizados ceñidos a la normativa nacional e internacional vigente.

Tabla 10
Concentración de metales pesados

Indicadores	Unidad	Valor guía ECA – por uso de suelo Categoría 6 (suelo extractivo)
Fisicoquímicas		
pH	valor pH	6,5 – 8,5
Conductividad Eléctrica	μS/cm	≤ 2000
INORGÁNICOS		
Metales pesados (As, Cd, Pb)	mg/Kg (peso seco)	140 (As) 22 (Cd) 800 (Pb)

Fuente: Autoría propia

De los resultados obtenidos tenemos que, respecto a la calidad del suelo, en la zona del proyecto, el valor del pH del suelo varió de un rango entre 6,7 a 6.9 al inicio a u valor entre 7 a 7,2 en lecturas a los 90 días después de la revegetación están disponibles.

Con relación a la conductividad eléctrica la lectura mostró que esta no supera los 2 dS/m, por lo que el suelo es clasificado como ligeramente salino

Respecto a la concentración de metales pesados, los valores obtenidos para los elementos evaluados (arsénico, cadmio y plomo) superaron el estandar de calidad para uso agrícola.

Estos valores guardan relación con las que reportan las estaciones de monitoreo de la cuenca Lauricocha, en particular con los de la estación de monitoreo m5-a/3.6.cs; circundante a la zona de limpieza y cuya ubicación está entre las coordenadas UTM WGS 84-zona:18l

De los resultados obtenidos podemos señalar que el suelo en la zona circundante a la laguna de Caballococha es de baja calidad.

4.4. Análisis inferencial

Prueba de normalidad de datos

Ha: Los indicadores de la variable dependiere no siguen una distribución normal

Ho: Los indicadores de la variable dependiere siguen una distribución normal

Tabla 11.
Prueba de normalidad de los indicadores de la variable dependiente

Situación		pH	Conductividad	Arsénico	Cadmio	Plomo
Antes	N	8	8	8	8	8
	Z de Kolmogorov-Smirnov	,441	,634	,498	,597	,649
	Sig. asintót. (bilateral)	,990	,816	,965	,868	,794
Despues	N	8	8	8	8	8
	Z de Kolmogorov-Smirnov	,616	,546	,522	,591	,481
	Sig. asintót. (bilateral)	,842	,927	,948	,876	,975

a. La distribución de contraste es la Normal.

Fuente: Autoría propia

La tabla 12 muestra los niveles de significancia de la distribución normal de los indicadores de la variable dependiente, antes y después de la aplicación del plan de limpieza, los cuales son mayores al 5%, por lo que no existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula. Por lo que se puede concluir que todos los indicadores siguen una distribución normal. Asimismo, la prueba estadística a emplear para probar las hipótesis de investigación será la prueba T Student para muestras independientes.

Hipotesis general

Ho: El cumplimiento del plan de limpieza no contribuye a la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha

Ha: El cumplimiento del plan de limpieza contribuye a la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha

Tabla 12.

Estadística descriptiva del pH del suelo antes y después del plan de limpieza

	Situación	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
pH	Antes	8	8,6875	,88671	,31350
	Después	8	6,9625	,15980	,05650

Fuente: Autoría propia

La tabla 13 muestra que el pH del suelo ha reducido en un 19,81% después de la aplicación del plan de limpieza en el área seleccionada, por lo que se puede concluir que el Plan de limpieza contribuye a la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha – Lauricocha.

Tabla 13.*Estadística inferencial del pH del suelo antes y después del plan de limpieza*

		Prueba de Levene para la igualdad de Varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típo. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
pH	Se han asumido varianzas iguales	13,002	,003	5,415	14	,000	1,72500	,31855	1,04178	2,40822
	No se han asumido varianzas iguales			5,415	7,454	,001	1,72500	,31855	,98096	2,46904

Fuente: Autoría propia

La tabla 14 presenta el análisis inferencial realizado al pH del suelo antes y después de la aplicación del plan de limpieza en el área seleccionada, el cual muestra un nivel de significancia menor al 5%, por lo que se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que el Plan de limpieza contribuye en la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Cabalcocha - Lauricocha.

Hipotesis especifica 1

Ho: El cumplimiento del Plan de limpieza no contribuye en la eficiencia técnica de revegetación empleada para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Cabalcocha – Lauricocha.

Ha: El cumplimiento del Plan de limpieza contribuye en la eficiencia técnica de revegetación empleada para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Cabalcocha – Lauricocha.

Tabla 14.*Estadística de la eficiencia técnica de revegetación antes y después del plan de limpieza*

	Situación	N	Media	Desviación tít.	Error tít. de la media
Conductividad	Antes	8	2162,50	148,204	52,398
	Después	8	1995,38	2,615	,925

Fuente: Autoría propia

La tabla 15 muestra que la técnica de revegetación ha mejorado en un 7,71% después de la aplicación del plan de limpieza en el área seleccionada, por lo que se puede concluir que el Plan de limpieza contribuye en la eficiencia técnica de revegetación empleada para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Cabalococha – Lauricocha.

Tabla 15.*Estadística inferencial de la eficiencia técnica de revegetación antes y después del plan de limpieza*

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tít. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Conductividad	Se han asumido varianzas iguales	5,664	,032	3,189	14	,007	167,125	52,406	54,725	279,525
	No se han asumido varianzas iguales			3,189	7,004	,015	167,125	52,406	43,220	291,030

Fuente: Autoría propia

La tabla 16 presenta el análisis inferencial realizado a la eficiencia técnica de revegetación antes y después de la aplicación del plan de limpieza en el área seleccionada, el cual muestra un nivel de significancia menor al 5%, por lo que se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que la aplicación del Plan de limpieza contribuye en la eficiencia técnica de revegetación empleada para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Cabalococha – Lauricocha.

Hipotesis específica 2

Ho: El cumplimiento del plan de limpieza no contribuye en la eficacia del sustrato de cobertura utilizado para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha – Lauricocha.

Ha: El cumplimiento del plan de limpieza contribuye en la eficacia del sustrato de cobertura utilizado para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha.

Tabla 16.

Estadística descriptiva de la concentración de metales pesados en el suelo antes y después del plan de limpieza

	Situación	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Arsénico	Antes	8	151,88	14,623	5,170
	Después	8	136,25	8,345	2,950
Cadmio	Antes	8	24,38	4,470	1,580
	Después	8	18,38	1,768	,625
Plomo	Antes	8	931,25	65,124	23,025
	Después	8	793,75	55,016	19,451

Fuente: Autoría propia

La tabla 17 muestra que la eficacia del sustrato de cobertura ha mejorado entre 10% y 25% después de la aplicación del plan de limpieza en el área seleccionada, por lo que se puede concluir que el Plan de limpieza contribuye en la eficacia del sustrato de cobertura utilizado para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha.

Tabla 17.

Estadística inferencial de la eficacia del sustrato de cobertura antes y después del plan de limpieza

		Prueba T para la igualdad de medias									
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia		
									Inferior	Superior	
Arsénico	Se han asumido varianzas iguales	1,755	,207	2,625	14	,020	15,625	5,953	2,858	28,392	
	No se ha asumido varianzas iguales			2,625	11,122	,023	15,625	5,953	2,541	28,709	
Cadmio	Se han asumido varianzas iguales	13,307	,003	3,530	14	,003	6,000	1,700	2,355	9,645	
	No se ha asumido varianzas iguales			3,530	9,137	,006	6,000	1,700	2,164	9,836	
Plomo	Se han asumido varianzas iguales	1,132	,305	4,562	14	,000	137,500	30,141	72,854	202,146	
	No se ha asumido varianzas iguales			4,562	13,620	,000	137,500	30,141	72,684	202,316	

Fuente: Autoría propia

La tabla 17 presenta el análisis inferencial realizado a la eficacia del sustrato de cobertura de revegetación, es decir, de la concentración de metales pesados en el suelo, antes y después de la aplicación del plan de limpieza en el área seleccionada, el cual muestra un nivel de significancia menor al 5%, por lo que se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que la aplicación del Plan de limpieza contribuye en la eficacia del sustrato de cobertura utilizado para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha – Lauricocha.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. DISCUSIÓN

La mediación de los valores de pH del suelo (tabla 8) mostraron mejoras en las mediciones del pH efectuadas tanto al inicio y las efectuadas a los 45 y, 90 días después de culminadas las actividades de revegetación. Lo anterior se corroboró con la contratación de la hipótesis general pues al ser el nivel de significancia menor al 5%, se rechazó la hipótesis nula, concluyéndose que el Plan de limpieza contribuye en la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha,. Estos coinciden con los hallazgos de Lopez (2011) quien encontró que la fitorremediación era el procedimiento para reducir la dispersión de arsénico en los suelos contaminados de Mayoc y que puede ser aplicada a otros ecosistemas con características similares.

Respecto al área revegetada la elección del ichu al ser una especie rústica que se adapta muy bien a suelos de textura franco, muy pobres en nutrientes mostro muy buena adaptación en las parcelas trabajadas. Esto con coincide con los hallazgos de García (2018) que también empleó el sembrío del ichu, especie oriundas de la zona, pudo dar las mejores garantías en el mantenimiento del cierre de los pasivos, así como un mejor aspecto por la fácil adaptación a las condiciones de la zona. Esto se corroboró con la contratación de la hipótesis donde el nivel de significancia menor al 5%, hizo que se rechazara la hipótesis nula, concluyéndose que la aplicación del Plan de limpieza contribuye en la eficiencia técnica de revegetación empleada para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha

Con relación a la conductividad eléctrica la lectura muestra que esta no supera los 2 dS/m, por lo que el suelo es clasificado como muy ligeramente salino y que en la prueba de hipótesis al ser la significancia menor al 5% podemos inferir que la eficiencia técnica de revegetación antes y después de la aplicación del plan de limpieza en el área seleccionada se rechazó la hipótesis nula,

Respecto a la concentración de metales pesados, los valores obtenidos para todos los elementos evaluados (arsénico, cadmio y plomo), zinc, molibdeno y talio), superan el estándar de calidad para uso agrícola; sin embargo, la concentración de metales pesados en el suelo, antes y después de la aplicación del plan de limpieza en el área seleccionada, mostraron un nivel de significancia menor al 5%, por lo que se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que la aplicación del Plan de limpieza contribuye en la eficacia del sustrato de cobertura utilizado para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha de la Unidad minera Raura

Estos valores guardan relación con las que reportan las estaciones de monitoreo de la cuenca Lauricocha, en particular con los de la estación de monitoreo m5-a/3.6.cs; circundante a la zona de limpieza y cuya ubicación está entre las coordenadas utm wgs 84-zona:18l

5.2. CONCLUSIONES

1. Se estableció que el pH del suelo se redujo en un 19,81% después de la aplicación del plan de limpieza en el área seleccionada, por lo que se puede concluir que el Plan de limpieza contribuyó en la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha.
2. La revegetación mejoró en un 7,71% después de la aplicación del plan de limpieza en el área seleccionada, por lo que se puede concluir que el Plan de limpieza contribuyó en la eficiencia técnica de revegetación empleada para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha – Lauricocha.
3. La eficacia del sustrato de cobertura ha mejorado entre 10% y 25% después de la aplicación del plan de limpieza en el área seleccionada, por lo que se puede concluir que el Plan de limpieza contribuyó en la eficacia del sustrato de cobertura utilizado para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha – Lauricocha. sin embargo la concentración de metales pesados,

evaluados (arsénico, cadmio y plomo), superan el estándar de calidad para uso agrícola.

5.3. RECOMENDACIONES

- a) Monitorear los indicadores ambientales que forman parte de la matriz de operacionalización; pues, además de suministrar información, permite diagnosticar los aspectos ambientales del área donde se emplaza la unidad minera.

- b) Desarrollar actividades de seguimiento estableciendo un programa de monitoreo, llevando un registro de la información para sí no perder datos relevantes.

- c) Ampliar el programa de revegetación y utilizar otros sustratos de cobertura para evaluar su eficacia.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

6.1. Fuentes bibliográficos

- Aquino, E, P (2017). *Impactos ambientales y sociales en minería y metalurgia*. Recuperado de: https://nuevo.dar.org.pe/archivos/eventos/230217_foropublico/impactos_soci_oamb.pdf
- Arana, Z. M. (2009). *El caso de derrame de mercurio en Choropampa y los daños a la salud en la población rural expuesta*. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 26(1), 113-116. Recuperado de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342009000100019&lng=es&tlng=es
- Azula, R. (2016). *Análisis Del Sector Minero en concentrados de zinc en el Perú* (Tesis de maestría). Recuperado de: <https://hdl.handle.net/11042/2938>
- Benavides, R. (2012). *La minería responsable y sus aportes al desarrollo del Perú*.
- Candiotti, G (2012). *Actualización del Plan de cierre de minas de la Unidad minera Raura Compañía Minera Raura S.A.* Recuperado de: <https://www.academia.edu/23109591/RAURA.PDF>
- Cedron, M. (2013). *Elaboración de criterios para la transformación de pasivos mineros En Activos Socio - Ambientales Sostenibles*. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica, Lima. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/4654>
- Congreso de la República. (2010). *Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera - LEY N° 28271*. Perú.
- Diaz, L, H. (2010). *Indicadores de desempeño ambiental en la mediana minería Caso Unidad minera Atacocha de la Compañía minera Atacocha S.A.A.* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Recuperado de: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/632>,
- Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros. (2007). *Guía para el diseño de coberturas de depósitos de residuos mineros..* Recuperado de: http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/XXII_Coberturas.pdf
- Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros. (2009). *Guía Ambiental para el manejo de relaves mineros..* Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/compendio-manejo.pdf>
- EPA. (2000). *A citizen's guide to phytoremediation. The history of drinking water treatment* 4. Recuperado de: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/10002SP5.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2000+Thru+2005&Docs=&Query=&Time=&End>

[Time=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C00thru05%5Ctxt%5C00000003%5C10002SP5.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL](#)

Fundación Chile (2011), *Manual de tecnologías de remediación de sitios contaminados*. Recuperado de: https://fch.cl/wp-content/uploads/2019/06/Manual-de-Tecnolog%C3%ADas-de-Remediaci%C3%B3n-de-Sitios-ontaminados_baja.pdf

García, A, S. (2018). *Remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex Unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C. con fines de disminuir los lixiviados a la subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del río Rímac*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/815>

Hernández, S. Fernandez, C. Baptista, M (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F. Mexico. McGraw-Hill. Recuperado de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Hidalgo, C. Espinoza, P. Figueroa, R. (2010). *Ensayo de adaptación de especies vegetales para la cobertura vegetal de Los relaves mineros de la planta concentradora Santa Rosa de Jangas*.(Tesis de pregrado) Universidad Nacional Santiago Antúnez de Máyo, Huaraz Recuperado de: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3137>

Ley 28271 (2004), *Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera* Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28271.pdf>

Lopez, P. P. (2011). *Fitorremediación en los suelos de Mayoc, San Mateo, Huarochirí - Lima*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

MINAGRI. (2009). *Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor*. Recuperado de: <http://www.minem.gob.pe/publicacion.php?idSector=4&idPublicacion=50>

Ministerio de Energía y Minas. (2009). *Guía ambiental para el manejo de drenaje ácido de mina*.

Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Anuario minero 2018*. Recuperado de: [http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/mineria/publicaciones/anuarios/2018/am2018\(vf\).pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/mineria/publicaciones/anuarios/2018/am2018(vf).pdf)

ONU. 1987. *Nuestro futuro común (Informe Brundtland)*. Informe de la Comisión

Mundial sobre el medio ambiente y desarrollo. Recuperado de:
<https://es.scribd.com/doc/105305734/ONU-Informe-Brundtland-Ago-1987-Informe-de-la-Comision-Mundial-sobre-Medio-Ambiente-y-Desarrollo>

Rojas, V, A. (2007). *Manejo ambiental relaves disposición subacuática*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Recuperado de:
<http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/2117>

Romero, R, L. (2015). *Tratamiento de relaves mineros contaminados con plantación de gramíneas (Kikuyo) para convertirlos en áreas verdes en las minas de la Región Central del Perú*. (Tesis de Maestría) Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Recuperado de:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1352>

Volke, S., J. Velasco, J, T. (2002). *Tecnologías de remediación para suelos contaminados*. edited by INE-SEMARNAT. México D.F. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/31851896_Tecnologias_de_remediacion_para_suelos_contaminados_T_Volke_Sepulveda_JA_Velasco_Trejo

Zamalloa, C, J. (2012). *Evaluación del método de revegetación con hidrosiembra en los depósitos remediados de relaves en la Unidad minera de Casapalca y Tablachaca, Chilca – Lima*. (Tesis de pregrado) Universidad Agraria La Molina, Lima. Recuperado de:
http://www.lamolina.edu.pe/agricola/biblioteca/Tesis/ciclo_optativo/2012/T0993-2012.pdf

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cómo el cumplimiento del Plan de limpieza contribuye a la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿Cómo el cumplimiento del Plan de limpieza contribuye en la eficiencia de la técnica de revegetación empleada para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha?</p> <p>¿Cómo el cumplimiento del plan de limpieza contribuye en la eficacia del sustrato de cobertura utilizado para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha?</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL El cumplimiento del plan de limpieza contribuirá a la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha – Lauricocha.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS Hipótesis alternativa H_o El cumplimiento del Plan de limpieza contribuirá en la eficiencia de la técnica de revegetación empleada para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha – Lauricocha.</p> <p>Hipótesis alternativa H_o El cumplimiento del plan de limpieza contribuirá en la eficacia del sustrato de cobertura utilizado para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha – Lauricocha.</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Evaluar como el cumplimiento del Plan de limpieza contribuye a la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS Evaluar como el cumplimiento del Plan de limpieza contribuye en la eficiencia de la técnica de revegetación empleada para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha – Lauricocha.</p> <p>Evaluar como el cumplimiento del Plan de limpieza contribuye en la eficacia del sustrato de cobertura utilizado para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha – Lauricocha.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE PLAN DE LIMPIEZA</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE REMEDIACIÓN DE LOS RELAVES</p>	<p>CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE LIMPIEZA</p> <p>EFICIENCIA DE LA TÉCNICA DE REVEGETACIÓN EMPLEADA</p> <p>EFICACIA DEL SUSTRATO DE COBERTURA UTILIZADO</p>	<p>Avance del área de limpieza (m²)</p> <hr/> <p>Área total a ser limpiada (m²)</p> <hr/> <p>Área total revegetada en buen estado (m²)</p> <hr/> <p>Área total revegetada (m²)</p> <p>pH del suelo, conductividad eléctrica</p> <p>% Concentración de metales pesados en el suelo</p>	<p>La metodología desarrollada a comprendido una serie de actividades para llevar adelante el Plan de limpieza para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha mediante la revegetación. Esto ha implicado, desde la preparación previa del terreno, su limpieza, la preparación del sustrato y el trasplante de la especie seleccionada, así como evaluar lo desarrollado</p>

Fuente: elaboración propia

ANEXO 2: MATRIZ DE COHERENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿Cómo el cumplimiento del plan de limpieza contribuye a la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha?	Evaluar como el cumplimiento del Plan de limpieza contribuye a la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha.	El cumplimiento del plan de limpieza contribuirá a la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha – Lauricocha.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS
¿Cómo el cumplimiento del Plan de limpieza contribuye en la eficiencia de la técnica de revegetación empleada para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha?	Evaluar como el cumplimiento del Plan de limpieza contribuye en la eficiencia de la técnica de revegetación empleada para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha – Lauricocha	El cumplimiento del Plan de limpieza contribuirá en la eficiencia de la técnica de revegetación empleada para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha – Lauricocha.
¿Cómo el cumplimiento del plan de limpieza contribuye en la eficacia del sustrato de cobertura utilizado para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha – Lauricocha?	Evaluar como el cumplimiento del Plan de limpieza contribuye en la eficacia del sustrato de cobertura utilizado para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha	El cumplimiento del plan de limpieza contribuirá en la eficacia del sustrato de cobertura utilizado para la remediación de los relaves en las orillas de la laguna Caballococha - Lauricocha

Fuente: elaboración propia

Fecha de Actualización: 08/09/2018		ANEXO 3: MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES										Código: EV-RAU-EVA-MIEAA-FOR-002				
Proceso: EXTRACCIÓN DE MATERIAL Y RELAVE		Balance de entradas y salidas			Situación			Incidencia		Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Controles actuales	Criterios de Significancia		RESULTADO	SIGNIFICANCIA
Sub Proceso	Actividad	Recursos	Residuos	Salidas	Normal	Anormal	Emergencia	Propio	Terceros				Probabilidad	Consecuencia (ambiental, social y económico)		
	Traslado de Insumos, Materiales, Equipos, Personal					X			X	Consumo de hidrocarburos	Disminución del recurso petrolero	- Capacitación sobre uso de recursos (hidrocarburos) trimestralmente. - Revisión técnica mensual del vehículo. - Mantenimiento del vehículo acorde al programa implementado (Mensual). - Check List de Pre uso diario del vehículo - Registro del consumo de Combustible del vehículo.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Consumo de papel y cartón	Disminución del recurso forestal	- Reutilizar papel y cartón. - Reciclaje de papel y cajas de cartón. - Emitir en lo posible informes, reportes, otros documentos en formato digital. - Capacitación referente al consumo de papel y cuidado del recurso forestal, trimestral.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Generación de residuos peligrosos	Alteración de la calidad del suelo	- Los residuos generados son dispuestos en el punto cercano al frente de trabajo, según código de colores. - Capacitación trimestral en manejo de residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
											Alteración de la calidad del agua	- Los residuos generados son dispuestos en el punto cercano al frente de trabajo, según código de colores. - Capacitación trimestral en manejo de residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Generación de residuos no peligrosos	Alteración de la calidad del suelo	- Los residuos generados son dispuestos en el punto cercano al frente de trabajo, según código de colores. - Capacitación trimestral en manejo de residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
											Alteración de la calidad del agua	- Los residuos generados son dispuestos en el punto cercano al frente de trabajo, según código de colores. - Capacitación trimestral en manejo de residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Emisión de gases de combustión	Alteración de la calidad del aire	- Revisión técnica mensual del vehículo. - Mantenimiento del vehículo acorde al programa implementado. - Chek List de Pre uso diario del Vehículo.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Emisión de Ruido	Alteración de la fauna	- Revisión técnica mensual del vehículo. - Mantenimiento del vehículo acorde al programa implementado. - Chek List de Pre uso diario del vehículo - Capacitación trimestral en el RITRAN a los conductores (Restringir el uso de las bocinas de vehículos, de tal manera que solo sean empleadas cuando, por medidas de seguridad o prevención, sea estrictamente necesario).	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
											Alteración de la calidad del aire	- Revisión técnica mensual del vehículo. - Mantenimiento del vehículo acorde al programa implementado. - Chek List de Pre uso diario del vehículo - Capacitación trimestral en el RITRAN a los conductores (Restringir el uso de las bocinas de vehículos, de tal manera que solo sean empleadas cuando, por medidas de seguridad o prevención, sea estrictamente necesario).	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Emisión de Polvo	Alteración de la calidad del aire	- Capacitación trimestral en el RITRAN referente al cumplimiento de los límites de velocidad (30 km/hora). - Riego de vías en época de estiaje por parte del área de proyectos - Cía. Raura.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
Potencial derrame de hidrocarburos y derivados	Alteración de la calidad del agua	- Revisión técnica mensual (Raura). - Mantenimiento del vehículo acorde al programa implementado - Chek List de Pre uso diario del Vehículo - Kit de respuesta a emergencias	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO										
	Alteración de la calidad del suelo	- Revisión técnica mensual (Raura). - Mantenimiento del vehículo acorde al programa implementado - Chek List de Pre uso diario del Vehículo - Kit de respuesta a emergencias	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO										
	Alteración de la flora y fauna	- Revisión técnica mensual (Raura). - Mantenimiento del vehículo acorde al programa implementado - Chek List de Pre uso diario del Vehículo - Kit de respuesta a emergencias	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO										

										Alteración de la flora y fauna	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitar al personal en el estándar de manejo de hidrocarburos trimestralmente. - Kit de respuesta a emergencias. - Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso de la retroexcavadora. 	3	2	6	SIGNIFICATIVO
										Remoción del paisaje	<ul style="list-style-type: none"> - Se recuperará el material orgánico (si se cuenta con la misma) y se almacenará en lugares señalizados. - Si la obra se realiza en una zona donde hay vegetación y/o plantaciones, éstos deben ser repuestos. - Se capacitará al personal sobre protección de flora y fauna trimestralmente. 	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> - Se recuperará el material orgánico (si se cuenta con la misma) y se almacenará en lugares señalizados. - Si la obra se realiza en una zona donde hay vegetación y/o plantaciones, éstos deben ser repuestos. - Se capacitará al personal sobre protección de flora y fauna trimestralmente. 	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Consumo de hidrocarburos	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitación sobre uso de recursos (hidrocarburos) trimestralmente. - Revisión técnica mensual de la retroexcavadora. - Mantenimiento de la retroexcavadora acorde al programa implementado (Mensual). - Chek List de Pre uso diario de la retroexcavadora. - Registro del consumo de Combustible de la retroexcavadora. 	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Emisión de gases de combustión	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión técnica mensual de la retroexcavadora. - Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso de la retroexcavadora. 	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Emisión de la fauna	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso del vehículo pesado. 	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del aire	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso de la retroexcavadora. 	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> - Se cuenta con contenedores según código de colores para disponer temporalmente los residuos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral en manejo de residuos sólidos. 	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del agua	<ul style="list-style-type: none"> - Se cuenta con contenedores según código de colores para disponer temporalmente los residuos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral en manejo de residuos sólidos. 	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> - Se cuenta con contenedores según código de colores para disponer temporalmente los residuos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral en manejo de residuos sólidos. 	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del agua	<ul style="list-style-type: none"> - Los sedimentos y relave serán trasladados al tajo Niño perdido autorizado por Raura bajo registro establecido (Santa Ana Baja). - Capacitación trimestral en Manejo de desmonte. 	3	2	6	SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> - Los sedimentos y relave serán trasladados al tajo Niño perdido autorizado por Raura bajo registro establecido (Santa Ana Baja). - Capacitación trimestral en Manejo de desmonte. 	3	2	6	SIGNIFICATIVO
										Alteración de la flora y fauna	<ul style="list-style-type: none"> - Los sedimentos y relave serán trasladados al tajo Niño perdido autorizado por Raura bajo registro establecido (Santa Ana Baja). - Capacitación trimestral en Manejo de desmonte. 	3	2	6	SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del agua	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitar al personal en el estándar de manejo de hidrocarburos trimestralmente. - Kit de respuesta a emergencias. - Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso de la retroexcavadora. 	3	2	6	SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitar al personal en el estándar de manejo de hidrocarburos trimestralmente. - Kit de respuesta a emergencias. - Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso de la retroexcavadora. 	3	2	6	SIGNIFICATIVO
EXTRACCIÓN DE MATERIAL Y RELAVE	Carguo de Material con Excavadora / Retroexcavadora	Excavadora / Retroexcavadora, Volquete, combustible.	Residuos peligrosos (trapos impregnados con hidrocarburos), Residuos sólidos No peligrosos, Emisión de gases de combustión, Ruido, Desmonte y/o escombros.	Cargar el relave extraído de la orilla de la laguna.	X				X						

										Alteración de la flora y fauna	- Capacitar al personal en el estándar de manejo de hidrocarburos trimestralmente. - Kit de respuesta a emergencias. - Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso de la retroexcavadora.	3	2	6	SIGNIFICATIVO
										Consumo de hidrocarburos	- Capacitación sobre uso de recursos (hidrocarburos) trimestralmente. - Revisión técnica mensual del Volquete. - Mantenimiento del Volquete acorde al programa implementado (Mensual). - Chek List de Pre uso diario de la Volquete. - Registro del consumo de Combustible de la Volquete.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Emisión de gases de combustión	- Revisión técnica mensual de la retroexcavadora. - Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso de la retroexcavadora.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Emisión de Ruido	- Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso del vehículo pesado.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del aire	- Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso de la retroexcavadora.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del agua	- Se cuenta con contenedores según código de colores para disponer temporalmente los residuos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral en manejo de residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del agua	- Se cuenta con contenedores según código de colores para disponer temporalmente los residuos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral en manejo de residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del aire	- Se cuenta con contenedores según código de colores para disponer temporalmente los residuos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral manejo residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del suelo	- Se cuenta con contenedores según código de colores para disponer temporalmente los residuos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral manejo residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del agua	- Se cuenta con contenedores según código de colores para disponer temporalmente los residuos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral manejo residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Potencial derrame de lodos (sedimentos)	- Mantenimiento mensual del volquete, de acuerdo al programa establecido. - PETS Ingreso, Posicionamiento y Descarga con Volquete - Capacitación al inicio de actividades, en el PETS de Ingreso, Posicionamiento y Descarga con Volquete	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del agua	- Mantenimiento mensual del volquete, de acuerdo al programa establecido. - PETS Ingreso, Posicionamiento y Descarga con Volquete - Capacitación al inicio de actividades, en el PETS de Ingreso, Posicionamiento y Descarga con Volquete	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del agua	- Capacitar al personal en el estándar de manejo de hidrocarburos trimestralmente. - Kit de respuesta a emergencias. - Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso de la retroexcavadora.	3	2	6	SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del suelo	- Capacitar al personal en el estándar de manejo de hidrocarburos trimestralmente. - Kit de respuesta a emergencias. - Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso de la retroexcavadora.	3	2	6	SIGNIFICATIVO
										Alteración de la flora y fauna	- Capacitar al personal en el estándar de manejo de hidrocarburos trimestralmente. - Kit de respuesta a emergencias. - Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso de la retroexcavadora.	3	2	6	SIGNIFICATIVO
										Consumo de hidrocarburos	- Capacitación sobre uso de recursos (hidrocarburos) trimestralmente. - Revisión técnica mensual de la retroexcavadora. - Mantenimiento de la retroexcavadora acorde al programa implementado (Mensual). - Chek List de Pre uso diario de la retroexcavadora. - Registro del consumo de Combustible de la retroexcavadora.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO

Conformación de Talud con Excavadora / Retroexcavadora	Excavadora / Retroexcavadora, combustible.	Residuos peligrosos (trapos impregnados con hidrocarburos), Residuos sólidos No peligrosos, Emisión de gases de combustión, Ruido.	Conformar Talud a solicitud	X							Emisión de gases de combustión	Alteración de la calidad del aire	- Revisión técnica mensual de la retroexcavadora. - Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso de la retroexcavadora.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
											Emisión de Ruido	Alteración de la fauna	- Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso del vehículo pesado.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
												Alteración de la calidad del aire	- Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso de la retroexcavadora.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
											Generación de residuos no peligrosos	Alteración de la calidad del suelo	- Se cuenta con contenedores según código de colores para disponer temporalmente los residuos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral manejo residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
												Alteración de la calidad del agua	- Se cuenta con contenedores según código de colores para disponer temporalmente los residuos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral manejo residuos sólidos.	3	2	6	SIGNIFICATIVO
											Potencial derrame de hidrocarburos y derivados	Alteración de la calidad del agua	- Capacitar al personal en el estándar de manejo de hidrocarburos trimestralmente. - Kit de respuesta a emergencias. - Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso de la retroexcavadora.	3	2	6	SIGNIFICATIVO
												Alteración de la calidad del suelo	- Capacitar al personal en el estándar de manejo de hidrocarburos trimestralmente. - Kit de respuesta a emergencias. - Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso de la retroexcavadora.	3	2	6	SIGNIFICATIVO
												Alteración de la flora y fauna	- Capacitar al personal en el estándar de manejo de hidrocarburos trimestralmente. - Kit de respuesta a emergencias. - Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso de la retroexcavadora.	3	2	6	SIGNIFICATIVO
											Extracción de Relave Expuesto Manual	Herramientas manuales (lampa, pico, barreta), Sacos	Residuos sólidos peligrosos (EPP's) Residuos sólidos No peligrosos. Desmonte y/o escombros	Extraer el relave expuesto de las orillas de la laguna	X		
Alteración de la calidad del agua	- Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral manejo residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO												
Generación de residuos no peligrosos	Alteración de la calidad del suelo	- Se cuenta con contenedores según código de colores para disponer temporalmente los residuos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral manejo residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO											
	Alteración de la calidad del agua	- Se cuenta con contenedores según código de colores para disponer temporalmente los residuos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral manejo residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO											
Generación de desmonte y/o escombros	Alteración de la calidad del agua	- Capacitación trimestral manejo residuos sólidos. - El sedimento y relave extraídos de Caballoocha, serán dispuestos en zona establecida por CIA Raura, habilitado y acondicionado para tal fin. - Capacitación trimestral en Manejo de desmonte.	3	2	6	SIGNIFICATIVO											
	Alteración de la calidad del suelo	- El sedimento y relave extraídos de Caballoocha, serán dispuestos en zona establecida por CIA Raura, habilitado y acondicionado para tal fin. - Capacitación trimestral en Manejo de desmonte.	3	2	6	SIGNIFICATIVO											
	Alteración de la flora y fauna	- El sedimento y relave extraídos de Caballoocha, serán dispuestos en zona establecida por CIA Raura, habilitado y acondicionado para tal fin. - Capacitación trimestral en Manejo de desmonte.	3	2	6	SIGNIFICATIVO											
Remoción del suelo	Alteración del paisaje	- Se recuperará el material orgánico (si se cuenta con la misma) y se almacenará en lugares señalizados. - Si la obra se realiza en una zona donde hay vegetación y/o plantaciones, éstos deben ser repuestos. - Se capacitará al personal sobre protección de flora y fauna trimestralmente.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO											
	Alteración de la calidad del suelo	- Se recuperará el material orgánico y se almacenará en lugares señalizados. - Si la obra se realiza en una zona donde hay vegetación y/o plantaciones, éstos deben ser repuestos. - Se capacitará al personal sobre protección de flora y fauna trimestralmente.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO											

Carguio, Acarreo y Descarga de relave manual	Herramientas manuales (lampa, pico, barreta), Buggys	Residuos solidos peligrosos (EPP's) Residuos solidos No peligrosos. Desmante y/o escombros	Descargar el relave extraido al punto designado por el cliente	X				X	residuos peligrosos	Alteración de la calidad del agua	- Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral manejo residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
									Generación de residuos no peligrosos	Alteración de la calidad del suelo	- Se cuenta con contenedores según código de colores para disponer temporalmente los residuos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral manejo residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del agua	- Se cuenta con contenedores según código de colores para disponer temporalmente los residuos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral manejo residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
									Potencial derrame de lodos (sedimentos)	Alteración de la calidad del suelo	- Mantenimiento mensual del volquete, de acuerdo al programa establecido. - PETS Carguio, Acarreo y descarga de relave manual - Capacitación al inicio de actividades, en el PETS de Carguio, Acarreo y descarga de relave manual	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del agua	- Mantenimiento mensual del volquete, de acuerdo al programa establecido. - PETS Carguio, Acarreo y descarga de relave manual - Capacitación al inicio de actividades, en el PETS de Carguio, Acarreo y descarga de relave manual	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
									Generación de desmante y/o escombros	Alteración de la calidad del agua	- El sedimento y relave extraídos de Caballococha, serán dispuestos en zona establecida por CIA Raura, habilitado y acondicionado para tal fin. - Capacitación trimestral en Manejo de desmante.	3	2	6	SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del suelo	- El sedimento y relave extraídos de Caballococha, serán dispuestos en zona establecida por CIA Raura, habilitado y acondicionado para tal fin. - Capacitación trimestral en Manejo de desmante.	3	2	6	SIGNIFICATIVO
Alteración de la flora y fauna	- El sedimento y relave extraídos de Caballococha, serán dispuestos en zona establecida por CIA Raura, habilitado y acondicionado para tal fin. - Capacitación trimestral en Manejo de desmante.	3	2	6	SIGNIFICATIVO										
Revegetación del área	Herramientas manuales (lampa, pico, barreta) Plantas (A solitud del cliente)	Residuos peligrosos (EPP's) Residuos No peligrosos.	Revegetar las orillas de la Laguna	X				X	Generación de residuos peligrosos	Alteración de la calidad del suelo	- Se cuenta con contenedores según código de colores para disponer temporalmente los residuos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral manejo residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del agua	- Se cuenta con contenedores según código de colores para disponer temporalmente los residuos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral en manejo de residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
									Generación de residuos No peligrosos	Alteración de la calidad del suelo	- Se cuenta con contenedores según código de colores para disponer temporalmente los residuos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral manejo residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del agua	- Se cuenta con contenedores según código de colores para disponer temporalmente los residuos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Capacitación trimestral manejo residuos sólidos.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
									Remoción del suelo	Alteración del paisaje	- Se recuperará el material orgánico (si se cuenta con la misma) y se almacenará en lugares señalizados. - Se capacitará al personal sobre protección de flora y fauna trimestralmente.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO
										Alteración de la calidad del suelo	- Se recuperará el material orgánico y se almacenará en lugares señalizados. - Se capacitará al personal sobre protección de flora y fauna trimestralmente.	3	1	3	NO SIGNIFICATIVO

Anexo 4: Plan de manejo ambiental (PMA)

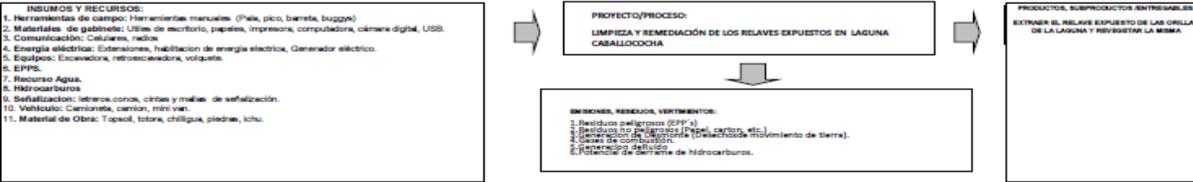
	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA)		Código: EV-RAU-PRO-PMA-FOR-024		
			Versión: 00		
			Página: 1 de 4		
PARA SER LLENADO POR EL AREA OPERATIVA					
Nombre del Solicitante: REGALADO BAZALAR MIRTHA ESTHER (Asist. De SSOMA)		Firma:		Fecha: 08 / 09 / 18	
Empresa Ejecutora del Proyecto/Proceso: CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA E.V.A. SAC.		Área Responsable: PROYECTOS			
Zona de Operación: RAURA		Código/Nombre del Proyecto: PMA 024 - 2018 - Raura			
Preparar y adjuntar a la presente:					
Plano(s) impresos y/o digitales formato GIS o AUTOCAD		Memoria Descriptiva (Obligatorio)		X	
Marque con una 'x' en la siguiente tabla el tipo de actividad(es) a realizar:					
Creación ó modificación de accesos		Instalación, modificación y operación de planta de tratamiento de agua residual industrial (Aguas de Excesos, Aguas de naturaleza Ácida, Cámaras de decantación)			
Exploración Geológica Superficie (Categoría I ó II) (# de plataformas, # y longitud de tuneles exploratorios (m))		Instalación de estaciones de Aforo y mediciones en cauces y quebradas			
Explotación Minera-Metalúrgica (cantera, tajo, galería, presa de relaves, cancha de desmonte, unidad de procesos metalúrgico, PAD)		Explotación de agua subterránea (Estudios y/o Uso)			
Exploración Hidrogeológica (número de pozos y/o flujómetros) ()		Explotación de agua superficial (Estudios y/o Uso)			
Instalación, modificación y operación de planta de tratamiento de agua potable		Otra actividad, Indicar: LIMPIEZA Y REMEDIACIÓN DE LOS RELAVES EXPUESTOS EN LAGUNA DE CABALLOCOCHA		X	
Instalación, modificación y operación de planta de tratamiento de agua residual doméstica					
Fecha de inicio requerida para actividad:	10 / 09 / 2018		Fecha fin de actividad:	08 / 12 / 2018	
Para ser llenado por Medio Ambiente			N° correlativo de registro:		
			PMA-.....-20.....-UO		
Permiso, Autorización o Licencia requeridos	Cuenta?		Si respuesta es NO:	Si respuesta es SI:	Fecha del permiso vigente:
	NO (1)	SI	Firma de conformidad para el inicio de gestión de permiso x Gca Area (2)	Referencia del permiso obtenido ó vigente	
¿Proyecto Impacta áreas rehabilitadas finales?	No	Si	Si la respuesta es SI ¿Cual?		
<small>(1) De no existir los permisos necesarios se deberá coordinar con el interesado los plazos para obtenerlos y su conformidad para el inicio de la gestión (2) Comunicar a Legal-Permisos Ambientales el requerimiento.</small>					
Comentarios de Medio Ambiente:					
Se requiere:					
¿Opinión de Legal y Propiedades? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		¿Opinión de RS? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			
Firma (aclarada):		Firma (aclarada):			
Fecha: / /		Fecha: / /			
Condición de la Planificación de Permisos Ambientales Hoja 1:					
Aprobada	<input type="checkbox"/>	Permiso(s) en Trámite	<input type="checkbox"/>	Desaprobada	<input type="checkbox"/>
POR MEDIO AMBIENTE		FECHA:			



PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA)

Código: EV-RAU-PRO-PMA-FOR-010
Versión: 00
Página: 2 de 4

IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO/PROCESO (para ser llenado por el área operativa)



(Para ser llenado por Medio Ambiente en coordinación con el Área Operativa)

ASPECTO AMBIENTAL (AA)	REAL/POTENCIAL IMPACTO AMBIENTAL	Significativo (S/NCO) según los resultados del procedimiento de AA de la unidad	INDIQUE EL O LOS CONTROLES Y SU TIPO	SÍ/NO	¿ESTA IMPLEMENTADO? ¿NIVEL DE IMPLEMENTACION?
Consumo de agua	Disminución de la disponibilidad del agua.	SI	- Cerrar las válvulas de los lavaderos y duchas cuando no se utilicen. - Implementar mensajes, stickers y otros afiches al ahorro del agua. - Capacitación sobre uso de recursos (Agua) trimestralmente.	SI	
Consumo de energía eléctrica	Disminución del recurso petróleo Disminución de la energía disponible para otros usos	NO	- Capacitación sobre uso de recursos (energía eléctrica) trimestralmente. - Apagar las luces cuando no se utilicen. - Desenchufar los aparatos eléctricos cuando no sean utilizados. - Implementar mensajes, stickers y otros afiches al ahorro de energía eléctrica. - Inspección, reporte de instalaciones deficientes para su reparación.	SI	
Consumo de hidrocarburos	Disminución del recurso petróleo	NO	- Capacitación sobre uso de recursos (hidrocarburos) trimestralmente. - Revisión técnica mensual del vehículo. - Mantenimiento del vehículo acorde al programa implementado (Manual). - Check List de Pre uso diario del vehículo. - Registro del consumo de Combustible del vehículo. - Revisión técnica mensual de la retroexcavadora. - Mantenimiento de la retroexcavadora acorde al programa implementado (Manual). - Check List de Pre uso diario de la retroexcavadora. - Registro del consumo de Combustible de la retroexcavadora. - Revisión técnica mensual del Volquete. - Mantenimiento del Volquete acorde al programa implementado (Manual). - Check List de Pre uso diario de la Volquete. - Registro del consumo de Combustible de la Volquete.	SI	
Consumo de papel y cartón	Disminución del recurso forestal	NO	- Reutilizar papel y cartón - Reciclaje de papel y cajas de cartón. - Emitir en lo posible informes, reportes, otros documentos en formato digital. - Capacitación referente al consumo de papel y cuidado del recurso forestal, trimestral.	SI	
Emisión de gases de combustión	Alteración de la calidad del aire	NO	- Revisión técnica mensual del vehículo. - Mantenimiento del vehículo acorde al programa implementado. - Check List de Pre uso diario del Vehículo. - Revisión técnica mensual de la retroexcavadora. - Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso de la retroexcavadora.	SI	
Emisión de polvo	Alteración de la calidad del aire	NO	- Capacitación trimestral en el RITRAN referente al cumplimiento de los límites de velocidad (30 Km/hora). - Riego de vías en época de estiaje por parte del área de proyectos - Cia. Rauna.	SI	
Emisión de ruido	Alteración de la fauna Alteración de la calidad del aire	NO	- Revisión técnica mensual del vehículo. - Mantenimiento del vehículo acorde al programa implementado. - Check List de Pre uso diario del vehículo. - Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso del vehículo pesado. - Capacitación trimestral en el RITRAN a los conductores (Restringir el uso de las bocinas de vehículos, de tal manera que solo sean empleados cuando, por medidas de seguridad o prevención, sea estrictamente necesario).	SI	
Generación de residuos peligrosos	Alteración de la calidad del suelo Alteración de la calidad del aire Alteración de la calidad del agua	SI	- Los residuos generados son dispuestos en el punto cercano al frente de trabajo, según código de colores. - Capacitación trimestral en manejo de residuos sólidos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido.	SI	
Generación de residuos no peligrosos	Alteración de la calidad del suelo Alteración de la calidad del aire Alteración de la calidad del agua	SI	- Los residuos generados son dispuestos en el punto cercano al frente de trabajo, según código de colores. - Capacitación trimestral en manejo de residuos sólidos. - Los residuos generados son dispuestos en el ATRI bajo registro establecido. - Los residuos generados se dispondrán en el contenedor negro (Residuos Generales).	SI	
Generación de RAEE	Alteración de la calidad del agua Alteración del Suelo	NO	- Entrega de RAEE al ATRI, bajo registro establecido.	SI	
Generación de aguas residuales (domésticas)	Alteración de la calidad del agua	NO	- El personal hace uso de los servicios higiénicos instalados en los campamentos. - Las aguas servidas son tratadas en la PTARD o en las zarjas de infiltración (Por el área de Medio Ambiente - CIA).	SI	
Generación de desmonte y/o escombros	Alteración de la calidad del agua Alteración de la calidad del suelo Alteración de la flora y fauna	SI	- Los sedimentos y relave serán trasladados al bajo Niño perdido autorizado por Rauna bajo registro establecido (Barría Ana Baja). - El sedimento y relave extraídos de Cabalococho, serán dispuestos en zona establecida por CIA Rauna, habilitado y acondicionado para tal fin. - Capacitación trimestral en Manejo de desmonte.	SI	
Potencial derrame de lodos (Sedimentos)	Alteración de la calidad del agua Alteración de la calidad del suelo Alteración de la flora y fauna	NO	- Mantenimiento mensual del volquete, de acuerdo al programa establecido. - PETS Ingreso, Posicionamiento y Descarga con Volquete - Capacitación al inicio de actividades, en el PETS de Ingreso, Posicionamiento y Descarga con Volquete. - PETS Cargulo, Acarreo y descarga de relave mensual - Capacitación al inicio de actividades, en el PETS de Cargulo, Acarreo y descarga de relave mensual	SI	
Potencial derrame de hidrocarburos y derivados	Alteración de la calidad del agua Alteración de la calidad del suelo Alteración de la flora y fauna	SI	- Revisión técnica mensual (Rauna). - Mantenimiento del vehículo acorde al programa implementado - Check List de Pre uso diario del Vehículo - KR de respuesta a emergencias - Capacitar al personal en el estándar de manejo de hidrocarburos trimestralmente. - Mantenimiento de la retroexcavadora mensual establecido. - Check List de preuso de la retroexcavadora. - Para el almacenamiento y manejo de Insumos hidrocarburos y/o derivados se implementará hojas MSDS y bandejas de contención secundaria con el 10 % más de capacidad del total del volumen almacenado.	SI	
Potencial fuga de agua	Disminución del recurso natural	NO	- Inspección y reporte de fugas o instalaciones deficientes para reparar o cambiar las mismas. - Capacitación en uso de recursos (agua) trimestral.	SI	
Potencial incendio	Alteración de la calidad del suelo	NO	- Revisión técnica mensual del vehículo. - Mantenimiento del vehículo acorde al programa implementado - Check List de Pre uso diario del Vehículo - Contar con extintor. - Capacitación en el uso adecuado del extintor (trimestral).	SI	
Remoción del suelo	Alteración de paisaje Alteración de la calidad del suelo	NO	- Se recuperará el material orgánico (si se cuenta con la misma) y se almacenará en lugares señalizados. - Si la obra se realiza en una zona donde hay vegetación y/o plantaciones, éstos deben ser repositos. - Se capacitará al personal sobre protección de flora y fauna trimestralmente.	SI	

¡CUMPLA CON PLANES DE ACCIÓN PARA INCIDENTES AMBIENTALES!

OBSERVACIONES

<p style="text-align: center; font-size: small;">POR RESIDENTE C.I.C.E.V.A. S.A.C.</p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>	<p style="text-align: center; font-size: small;">FICHA</p>
<p style="text-align: center; font-size: small;">AUTORIZACIÓN DE INICIO DE PROYECTO:</p>	
<p style="text-align: center; font-size: small;">RESIDENTE C.I.C.E.V.A. S.A.C.</p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>	<p style="text-align: center; font-size: small;">FICHA</p>

REGISTRO DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL OPERATIVO DEL PROYECTO/PROCESO (para ser llenado por Medio Ambiente)

Por Medio Ambiente:		Fecha Inicial:	
Por Área Operativa:		Fecha de cierre:	

CONTROL (ES) X ASPECTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO (AAS)	EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DE CONTROL (ES)	TIPO DE CONTROL	¿INCIDENTES AMBIENTALES REPORTADOS PARA ESTE PROYECTO?	¿INCIDENTES CON COMUNIDADES?

DOCUMENTACIÓN Y CIERRE DEL PROYECTO/ UBICACIÓN Y RESPONSABLE

PLANOS (ubicación, entregados?)	
PROCEDIMIENTOS/HOJAS MSDS/PLAN DE CONTINGENCIA	
REGISTROS, INDICADORES, OTROS	
INCIDENTES CERRADOS	
CONDICIÓN DE CIERRE DE PROYECTO:	
INFRAESTRUCTURA	
RESIDUOS	
DRENAJE	
CONTORNO DE SUPERFICIE /RELLENOREVEGETACION	
OTRO (INDICAR):	

CONCLUSIONES U OBSERVACIONES DEL AREA OPERATIVA:

Firma y nombre:
 Fecha:

CONCLUSIONES DE GESTION AMBIENTAL:

Firma y nombre:
 Fecha:

Anexo 5: Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM

12

NORMAS LEGALES

Sábado 2 de diciembre de 2017 /  El Peruano

Que, de conformidad con lo previsto en el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la Publicidad, Publicación de Proyectos Normativos y Difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, y el artículo 39 del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM; corresponde disponer la publicación de la propuesta de metodología en el Diario Oficial El Peruano, antes de la fecha prevista para su entrada en vigencia, con la finalidad de permitir a las personas interesadas formular los comentarios y aportes respectivos;

Con los vistos de la Secretaría General, la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la Oficina de Asesoría Jurídica, y en uso de las facultades conferidas en la Ley de Recursos Hídricos, el Reglamento de Organización y Funciones de esta autoridad, aprobado por Decreto Supremo N° 06-2010-AG, y modificado por Decreto Supremo N° 012-2016-MINAGRI;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Dispóngase la publicación de la presente resolución en el Diario Oficial El Peruano y del documento denominado "Metodología para la determinación del índice de calidad de agua para los recursos hídricos superficiales en el Perú ICA-PE", en el portal web de la Autoridad Nacional del Agua: www.ana.gob.pe, por el plazo de quince (15) días hábiles, a fin que los interesados remitan sus opiniones y sugerencias a la dirección electrónica siguiente: IndiceCalidadAgua@ana.gob.pe.

Artículo 2.- Encargar a la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la recepción y análisis de los aportes y comentarios que se presenten respecto al documento citado en el artículo precedente.

Regístrese, comuníquese y publíquese,

ABELARDO DE LA TORRE VILLANUEVA
Jefe
Autoridad Nacional del Agua

1593024-1

AMBIENTE

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

DECRETO SUPREMO
N° 011-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo con lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, según lo dispuesto en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA, las que serán remitidas a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante decreto supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, esta entidad tiene como función específica elaborar los ECA, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante decreto supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM se aprueban los ECA para Suelo y, a través del Decreto Supremo N° 002-2014-MINAM se aprueban las disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 013-2015-MINAM se dictan las reglas para la presentación y evaluación del Informe de Identificación de Sitios Contaminados;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado

DIARIO OFICIAL DEL BICENTENARIO


El Peruano

REQUISITO PARA PUBLICACIÓN DE NORMAS LEGALES Y SENTENCIAS

Se comunica a las entidades que conforman el Poder Legislativo, Poder Ejecutivo, Poder Judicial, Organismos constitucionales autónomos, Organismos Públicos, Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales, que para efectos de la publicación de sus disposiciones en general (normas legales, reglamentos jurídicos o administrativos, resoluciones administrativas, actos de administración, actos administrativos, etc) con o sin anexos, que contengan más de una página, se adjuntará un CD o USB en formato Word con su contenido o éste podrá ser remitido al correo electrónico normaslegales@editoraperu.com.pe.

LA DIRECCIÓN

de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, siendo una de sus funciones específicas, analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental del país;

Que, en mérito a la evaluación técnica realizada por el citado Grupo de Trabajo, se identificó la necesidad de actualizar los ECA para Suelo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 182-2017-MINAM, el Ministerio del Ambiente dispuso la prepublicación del proyecto de Decreto Supremo que aprueba los ECA para Suelo, en cumplimiento del artículo 39 del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; el Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente; y la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente;

DECRETA:

Artículo 1.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, que como Anexo forman parte integrante del presente decreto supremo.

Artículo 2.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo como referente obligatorio

Los ECA para Suelo constituyen un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, y son aplicables para aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios.

Artículo 3.- De la superación de los ECA para Suelo

De superarse los ECA para Suelo, en aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios, las personas naturales y jurídicas a cargo de estas deben realizar acciones de evaluación y, de ser el caso, ejecutar acciones de remediación de sitios contaminados, con la finalidad de proteger la salud de las personas y el ambiente.

Lo indicado en el párrafo anterior no aplica cuando la superación de los ECA para Suelo sea inferior a los niveles de fondo, los cuales proporcionan información acerca de las concentraciones de origen natural de las sustancias químicas presentes en el suelo, que pueden incluir el aporte de fuentes antrópicas no relacionadas al sitio en evaluación.

Artículo 4.- Refrendo

El presente decreto supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, la Ministra de Energía y Minas, el Ministro de Salud, el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el Ministro de la Producción, el Ministro de Transportes y Comunicaciones, y el Ministro de Agricultura y Riego.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Criterios para la gestión de sitios contaminados

Mediante decreto supremo, a propuesta del Ministerio del Ambiente y en coordinación con los sectores competentes, se aprobarán los criterios para la gestión de sitios contaminados, los mismos que regulan las acciones señaladas en el artículo 3 del presente decreto supremo.

Segunda.- Aplicación del ECA para Suelo en los instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Suelo en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Suelo se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial correspondiente.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

Primera.- Instrumento de gestión ambiental en trámite ante la Autoridad Competente

Los/as titulares que, antes de la entrada en vigencia de la presente norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Suelo vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los/as titulares deberán considerar lo establecido en la Segunda Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Suelo aprobados mediante el presente decreto supremo.

Segunda.- De los procedimientos en trámite para la adecuación de los instrumentos de gestión ambiental a los ECA

Los procedimientos de adecuación de los instrumentos de gestión ambiental a los estándares de calidad ambiental (ECA), iniciados con anterioridad a la vigencia del presente decreto supremo, se resuelven conforme a las disposiciones normativas vigentes al momento de su inicio.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Derogación

Derógase el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, y el Decreto Supremo N° 003-2014-MINAM, que aprueba la Directiva que establece el procedimiento de adecuación de los instrumentos de gestión ambiental a nuevos Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, al primer día del mes de diciembre del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

CAYETANA ALJOVÍN GAZZANI
Ministra de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ CALDERÓN
Ministro de la Producción

FERNANDO ANTONIO D'ALESSIO IPINZA
Ministro de Salud

BRUNO GIUFFRA MONTEVERDE
Ministro de Transportes y Comunicaciones

CARLOS RICARDO BRUCE MONTES DE OCA
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO
ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO

Parámetros en mg/kg PS ⁽²⁾	Usos del Suelo ⁽¹⁾			Métodos de ensayo ^{(7) y (8)}
	Suelo Agrícola ⁽³⁾	Suelo Residencial/ Parques ⁽⁴⁾	Suelo Comercial ⁽⁵⁾ / Industrial/ Extractivo ⁽⁶⁾	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 ⁽⁹⁾ EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos ⁽¹⁰⁾	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fracción de hidrocarburos F1 ⁽¹¹⁾ (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 ⁽¹²⁾ (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 ⁽¹³⁾ (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados - PCB ⁽¹⁴⁾	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total ⁽¹⁵⁾	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 ⁽¹⁶⁾
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/o ISO 17690:2015

Notas:

[**] Este símbolo dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para el uso de suelo agrícola.

(1) **Suelo:** Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.

(2) PS: Peso seco.

(3) **Suelo agrícola:** Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.

(4) **Suelo residencial/parques:** Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.

(5) **Suelo comercial:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.

(6) **Suelo industrial/extractivo:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.

(7) Métodos de ensayo estandarizados vigentes o métodos validados y que cuenten con la acreditación nacional e internacional correspondiente, en el marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de la *International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)*. Los métodos de ensayo deben contar con límites de cuantificación que estén por debajo del ECA