

**LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias  
Sociales y Humanidades, Asunción, Paraguay.**

ISSN en línea: 2789-3855, 2025, Volumen VI

## **Propuesta plan de cierre y abandono de la Cantera “Chinique” Comuna Juan Montalvo**

Proposal for the closure and abandonment plan for the “Chinique”  
Quarry, Juan Montalvo Commune

***Rossana Del Rocío Villón Tigreiro***

rossana.villontigreiro2763@upse.edu.ec  
<https://orcid.org/0009-0003-7018-2815>  
Universidad Estatal Península de Santa  
Elena  
Santa Elena – Ecuador

***Lucrecia Moreno Alcívar***

lmoreno@upse.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0001-8928-9813>  
Universidad Estatal Península de Santa  
Elena  
Santa Elena – Ecuador

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i6.5079>

**Artículo recibido:** 25 de agosto de de 2025.  
**Aceptado para publicación:** 26 de diciembre  
de 2025.  
**Conflictos de Interés:** Ninguno que declarar.

  
**Redilat**  
Red de Investigadores  
Latinoamericanos

**NÚMERO**

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i6.5079>

## Propuesta plan de cierre y abandono de la Cantera “Chinique” Comuna Juan Montalvo

Proposal for the closure and abandonment plan for the “Chinique” Quarry,  
Juan Montalvo Commune

**Rossana Del Rocío Villón Tigrero**

rossana.villontigrero2763@upse.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-7018-2815>

Universidad Estatal Península de Santa Elena

Santa Elena – Ecuador

**Lucrecia Moreno Alcívar**

lmoreno@upse.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8928-9813>

Universidad Estatal Península de Santa Elena

Santa Elena – Ecuador

Artículo recibido: 25 de agosto de 2025. Aceptado para publicación: 26 de diciembre de 2025.  
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

### Resumen

El resumen es una síntesis breve y global de los contenidos del trabajo que permite a los lectores una revisión rápida. Debe ser preciso, reflejando de manera correcta el objetivo y los contenidos del estudio. Así también debe contener las La minería ha sido fundamental para el desarrollo de numerosos sectores de la construcción. La cantera Chinique desde el año 2016, provee material Sub base Clase 3, para obras que permiten el progreso de la provincia de Santa Elena. Son múltiples los beneficios que aporta la minería, sin embargo, es deber remediar las zonas afectadas por extracción del recurso. Ante ello el estudio tiene como objetivo proponer un plan de plan de cierre y abandono de operaciones para la Cantera “Chinique”, mediante el diseño de una metodología, para lograr la restauración y rehabilitación. La metodología se establece en tres fases, para diseñar el plan de cierre y abandono para el área afectada de la cantera. Las fases incluyen: i) Determinar el volumen de reserva, mediante levantamiento topográfico, y fotogrametría ii) Elaborar plan de cierre y abandono, y plan de rehabilitación, y iii) Desarrollar el presupuesto y cronograma valorado para la ejecución del plan de cierre y abandono, y plan de rehabilitación. Se concluye que esta metodología permite crear un plan efectivo para la restauración de la cantera una vez terminado sus diez años de concesión, empleando un presupuesto de \$522,148.96, en un periodo de cuatro meses, para la construcción de infraestructura básica, implementación de sistema de riego, y siembra de plantas nativas. Se recomienda dar seguimiento con el plan de rehabilitación una vez cumplida la restauración, para asegurar que el área se mantenga en el estado proyectado, y con funcionamiento eficiente.


*Palabras clave:* minería, remediación, topografía, presupuesto

### Abstract

Mining has been fundamental to the development of numerous sectors of the construction industry. Since 2016, the Chinique quarry has provided Class 3 sub-base material for projects that contribute to the progress of the Santa Elena province. While mining offers numerous benefits, it is essential to

remediate the areas affected by resource extraction. Therefore, this study aims to propose a closure and abandonment plan for the Chinique quarry by designing a methodology for its restoration and rehabilitation. The methodology is established in three phases for designing the closure and abandonment plan for the affected area of the quarry. These phases include: i) Determining the reserve volume through topographic surveying and photogrammetry; ii) Developing a closure and abandonment plan and a rehabilitation plan; and iii) Developing a budget and cost estimate for the execution of the closure and abandonment plan and the rehabilitation plan. It is concluded that this methodology allows for the creation of an effective plan for the restoration of the quarry once its ten-year concession period has ended, using a budget of \$522,148.96 over a four-month period, for the construction of basic infrastructure, implementation of an irrigation system, and planting of native plants. It is recommended that the rehabilitation plan be monitored after the restoration is completed to ensure that the area remains in the projected condition and functions efficiently.

*Keywords:* mining, remediation, surveying, budget

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar: Villón Tigrero, R. D. R., & Moreno Alcívar, L. (2025). Propuesta plan de cierre y abandono de la Cantera "Chinique" Comuna Juan Montalvo. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 6 (6), 2619 – 2644. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i6.5079>

## INTRODUCCIÓN

La relevancia de las canteras radica en que son fuente de áridos y pétreos (Gamundi & Arcuri, 2008), recursos esenciales para múltiples industrias. La minería ha desempeñado un papel crucial en el desarrollo de diversos sectores, abarcando desde la economía hasta el empleo y suministro de materias primas (Ali & Ur Rehman, 2020; Nesticò et al., 2024; Worlanyo & Jiangfeng, 2021). Sin embargo, esta actividad minera conlleva desafíos significativos en términos de impacto ambiental, social y económico (Valeriano, 2023).

Con frecuencia, se encuentran escenarios de antiguas concesiones mineras con superficies deshabitadas o en ruinas, generando una mala apariencia para el área (Silva Ontiveros & Salazar, 2021), porque no se realizó el plan de cierre, o se implementó inadecuadamente.

Un caso de lo descrito se evidencia en Cuba, donde los autores Montero Matos et al., (2017) en su publicación expresan que, en los yacimientos no metálicos, el proceso minero no incluye un cierre de la concesión, ni se determina el ciclo de vida de la cantera. Por tal razón, los autores en su estudio diseñan una metodología que permite ejecutar el cierre de canteras de manera sostenible.

Un caso similar se describe en el estudio de Milgrom, (2008) en Israel, donde se identificaron 815 canteras abandonadas sin ningún esfuerzo de rehabilitación. El autor sugiere la propuesta más adecuada para el uso futuro de estas tierras, ya sea designación para espacios abiertos o uso para proyectos de desarrollo.

Ecuador al ser un país rico en recursos naturales (Garzón & del Val Martín, 2017), aprovecha la extracción de material árido y pétreo en toda su geografía nacional (Asobanca, 2021; Lyle León, 2022), y metales mayoritariamente en la zona sur del país (Håkan Tarras-Wahlberg et al., 2000; Mestanza-Ramón et al., 2022; Ministerio del Ambiente, 2020).

En Zaruma-Portovelo, provincia de El Oro, la minería aurífera es la principal fuente de empleo; sin embargo, debido a malas prácticas mineras se han cerrado las minas, pero sin aplicar el respectivo proceso de cierre (Herrera et al., 2020) Ante esta problemática los autores proponen estrategias participativas para poner en valor el patrimonio minero-industrial e impulsar el desarrollo geominero de la región.

A nivel local, en la provincia de Santa Elena, no se han hallado ejemplares anteriores de plan de cierre y abandono de operaciones de canteras en la base de datos de Scopus. Sin embargo, por medio de consultas realizadas en el Gobierno Autónomo Descentralizado de Santa Elena se identificó una cantera denominada Daniel 1, la cual ha culminado su periodo de concesión en el año 2023, y actualmente ha presentado en el departamento de Gestión Ambiental los respectivos informes de Plan de cierre y abandono de operaciones.

De acuerdo con el Geoportal del Catastro Minero Nacional gestionado por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, en la provincia de Santa Elena en el año 2025 se hallan las siguientes canteras legalmente inscritas destinadas a la producción de áridos y pétreos: i) Salado 1 en la Comuna San Vicente; ii) Chinique en la Comuna Juan Montalvo; iii) Cerro San Miguel; y iv) Las Iguanas en la Comuna San Miguel; v) Rancho Alegre II; vi) Rancho Alegre 3; vii) Rancho Alegre 5; y viii) Cerro El Tablazo 1, en la parroquia Santa Elena; ix) Carmela 1 en la Comuna El Tambo; y x) Cerro Gallinazo en la Comuna El morrillo (ARCERNNR, 2025).

El material de las canteras en mención, ha sido fundamental para el progreso de la provincia de Santa Elena, que, en palabras de Griffith, de Griffith, (1972) y Zhang, Korkiala-Tanttu and Borén, (2019), la industria minera representa un gran valor material en la construcción de obras civiles y viales.

En lugares en desarrollo, las obras viales son fundamentales para la sociedad y el sustento de la economía (Tan et al., 2024), pues facilitan la comunicación entre los sitios de comercio (Dungca & Dychangco, 2016). Las vías son sustanciales para el desarrollo de la educación, salud, seguridad, y la oferta pública (Narvaez, 2017), y también en el nivel de empleo, salarios, inversión y beneficios del turismo (Ivanova & Masarova, 2013).

Al conocer la importancia de la industria minera en la construcción, no se descarta su uso a pesar de los impactos ambientales (Lyle León, 2022), sin embargo, es necesario que este tipo de actividades sean guiadas con fines ecológicos (Segui et al., 2023). Las medidas de regulación, como las que ejecutan los gobiernos municipales, ayudan a verificar el cumplimiento de medidas impuestas, con el fin de honrar los derechos de la naturaleza.

Lai et al., (2021) recomienda llevar un control de las actividades mineras desde la extracción del material, de modo que, al evaluar las operaciones mineras desde sus fases iniciales, permitan un progreso seguro hacia su rehabilitación (Neri & Sánchez, 2010).

Pathak, (2011) expresa que un plan de cierre y abandono de operaciones es una guía de acciones a ejecutarse para la rehabilitación del área perturbada, con el fin de obtener un resultado efectivo del cierre de la mina.

El Ministerio del Ambiente (2016) del Ecuador exige a las canteras el cumplimiento del informe de Plan de Cierre y abandono de operaciones, que se debe presentar dos años previos a la finalización del periodo de concesión, de acuerdo con el artículo 124 del Reglamento ambiental de actividades mineras, pudiendo transformar estos lugares en geositorios.

El autor Al' Afif et al., (2024) define el término geositorio como un lugar que posee características naturales de gran valor geológico, incluyendo formaciones geográficas, rocas, minerales y fósiles preservados en una zona específica.

Un geositorio también se define por la presencia de elementos de geodiversidad in situ que poseen valor científico y una geodiversidad destacada por otros valores como la educación y el turismo (González Tomalá et al., 2021; Jarzyna et al., 2023). En este ámbito el geoturismo, es turismo sostenible enfocado en vivir las características geológicas de la Tierra, promoviendo la comprensión, el aprecio y la conservación tanto ambiental como cultural (Dowling, 2009).

Los geositorios en la actualidad se consideran una fuente de ingresos, que aportan al desarrollo económico (González et al., 2024; Ruban et al., 2024; Talab et al., 2023), por medio de la generación de nuevos empleos, y mejora las condiciones de vida de la comunidad local y refuerza su sentido de pertenencia a la región (Porshnov et al., 2019; Skowronek et al., 2024).

Es así que el estudio pretende que la Cantera "Chinique" ubicada en la Comuna Juan Montalvo, provincia de Santa Elena recupere su paisajismo, y se convierta en un referente del geoturismo, que además generaría ingresos económicos a la localidad.

En el geoportal se encuentran el registro del código catastral con numeración 24-01-50-002, e información relevante de la cantera, como: i) Nombre de la Concesión "Chinique"; ii) Tipo de solicitud Minería Artesanal; iii) Fecha de inscripción 29 de noviembre del 2016; iv) plazo de 120 meses; v) ubicación en la provincia de Santa Elena, cantón Santa Elena, parroquia Santa Elena; vi) Material de interés arena; vii) estado actual inscrita; viii) Superficie dos hectáreas; y ix) Tipo de mineral Material de construcción.

En razón a que la cantera llega a su fecha de término de operaciones en el año 2026, debe regirse a la normativa mencionada, de modo que se garantizará el desarrollo sostenible y responsable del área, equilibrando el avance de la infraestructura con la protección del medio ambiente.

Ante lo expuesto, es notable el aumento de interés en proyectos de restauración (Gamborg et al., 2019), es por ello el estudio con interés en las canteras que han sido objeto de la actividad minera. Tal cual lo expresa Jorba & Vallejo, (2008), que la restauración ecológica de espacios afectados por minería a cielo abierto debe tener como objetivo reconstruir los ecosistemas naturales del entorno.

En este contexto es imprescindible ejercer el desarrollo sostenible, que significa satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Barberà-Mariné et al., 2024; CMMAD, 1987). Además, que el concepto de desarrollo sostenible o duradero se ha convertido en una referencia mundial en la elaboración de estrategias de desarrollo en cualquier parte del planeta (Afonso Bambi, 2019).

La ejecución del plan de cierre y abandono minero se alinea con la producción y consumo responsable, la acción por el clima y la preservación de vida y ecosistemas terrestres concebidos en los objetivos de desarrollo sostenible 12, 13 y 15 determinados por las Naciones Unidas en la agenda 2030 (ONU, 2015).

Esta investigación se centra en el análisis de prácticas destinadas a mitigar el impacto negativo de las actividades de extracción de materiales áridos y pétreo en la cantera Chinique. Se consideran desde normativas vigentes hasta la sugerencia de técnicas, que se integran y ordenan en un plan de cierre que aborda los desafíos inmediatos, y en un plan de rehabilitación que promueve la sostenibilidad a largo plazo.

A través de un análisis exhaustivo y la identificación de mejores prácticas el objetivo de esta investigación es proponer un plan de plan de cierre y abandono de operaciones para la Cantera "Chinique", mediante el diseño de una metodología, para la restauración y rehabilitación tras la finalización de los años de concesión.

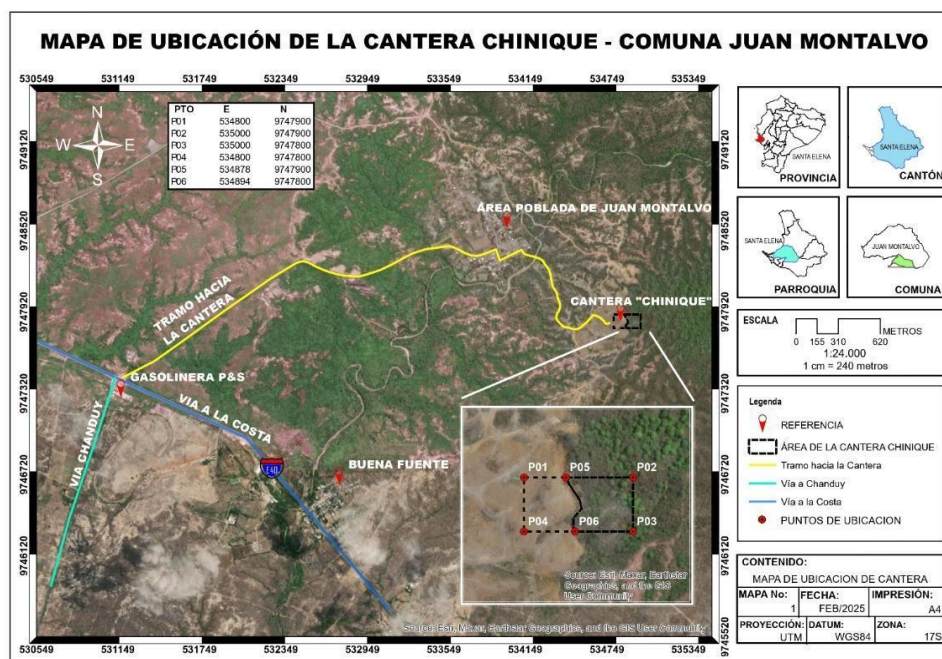
### **Área de estudio**

La provincia de Santa Elena, se sitúa al oeste del país, y se distribuye en tres cantones, Salinas, La Libertad y Santa Elena. El cantón Santa Elena es el más grande en extensión, donde se hallan las 68 comunas pertenecientes a la provincia (Chiriboga & Navarrete, 2022), una de ellas es la Comuna Juan Montalvo. De acuerdo con el síndico de la Comuna, la misma posee 6706 hectáreas de extensión y una población aproximada de 800 habitantes mayores de edad. Dentro de la misma se halla la Cantera "Chinique", que, desde el 19 de noviembre del 2016, cuenta con el permiso para ejercer actividades de minería artesanal en un área de dos hectáreas.

Para llegar a la cantera se ingresa por la vía situada frente a la gasolinera ubicada al ingreso de la Parroquia Chanduy, misma que es transversal a la vía a la Costa Guayaquil-Santa Elena. La carretera de ingreso posee 2.8 km aproximados de longitud y es la principal entrada a la zona poblada de la comuna Juan Montalvo. Dentro de la zona habitada se continúa el trayecto por una vía terciaria lastrada de 1.15 Km que dirige finalmente a la cantera. Esta descripción se observa a mayor detalle en la figura 1.

Figura 1

Vista satelital de límites de la cantera, con escala de Formato A4



El área Total de la Cantera Chinique es de dos hectáreas, que están delimitadas por las coordenadas conforme al permiso municipal para la extracción de material como minería artesanal. Las coordenadas se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1

Coordenadas de la cantera Chinique en el Sistema UTM (WGS - 84) (Informe 2018-MICA-0018, 2018)

Vértices	Norte	Este
P1	534800	9747900
P2	535000	9747900
P3	534800	9747800
P4	535000	9747800

Fuente: elaboración propia.

La ubicación geográfica de la cantera delimitada por las coordenadas, se caracteriza por su riqueza en material pétreo, muy utilizado a nivel provincial, mismo que ha sido objeto de análisis de laboratorios para determinar sus características mecánicas.

En la cantera Chinique se extrae material granular sub-base clase III, conforme se evidencia en los registros de ensayos del laboratorio de suelos INGOTOP S.A., que determinan los parámetros mecánicos detallados a continuación: i) Límite líquido 19.19%, Límite Plástico 13.03%, e Índice de Plasticidad 6.16% (ASTM D4318-05, 2005); ii) Porcentaje de pérdida de 35.02% del ensayo de Abrasión (ASTM C131-06, 2010; ASTM C-535-12, 2016); iii) 73.44% con el ensayo CBR-Densidades (ASTM D 1883, 1999); iv) densidad seca máxima 2172 Kg/m<sup>3</sup> y porcentaje de humedad óptima 5.2% (ASTM D 1557, 2009); y v) 50.5% porcentaje de grava, 34.2% porcentaje de arena, y 8.5% de finos, del ensayo de Distribución granulométrica de suelo (ASTM D 422, 2007).

El sitio presenta una topografía accidentada de suelo rocoso, con pendientes onduladas que varían desde 70 a 90 msnm y pequeñas quebradas, presenta clima cálido con fuertes vientos, precipitación media anual de 400 a 500 mm, y temperaturas de 22° a 25° C (Best & Kessler, 1995).

En base al Inventario Forestal de Lavayen, (2017) él área está dominada por bosque seco tipo matorral arbustivo, (Astudillo-Sánchez et al., 2019), de especies florísticas como: i) dominantes; codominantes; y iii) de baja presencia.

## METODOLOGÍA

La metodología de esta evaluación comprende tres fases i) Determinar el volumen de reserva, mediante levantamiento topográfico por sistema RTK y fotografía en alta calidad por Dron); ii) Elaborar el plan de cierre y abandono de operaciones, y plan de rehabilitación; y iii) Desarrollar el presupuesto y cronograma valorado para la ejecución del plan de cierre y abandono de operaciones.

La ejecución del plan de cierre y abandono debe ser basado en objetivos garantizados, elaborados desde criterios profesionales, tomando en cuenta los pro y contra del sitio de estudio (Flatley & Markham, 2021), lo que asegura la efectividad y profesionalismo.

Para facilitar la comprensión de las fases metodológicas, se ha representado su estructura en un diagrama de flujo que se presenta en la Figura 2.

**Figura 2**

*Fases metodológicas*



**Fuente:** elaboración propia.

### Fase 1: Determinación del volumen de reserva, mediante levantamiento topográfico, y fotogrametría

Para ejecutar la primera fase se realizaron diversas visitas al sitio para inspeccionar el lugar e identificar zonas de acceso, y áreas que requieren previamente una limpieza del monte, para realizar tanto el levantamiento topográfico, como la captura de fotografías con el dron.

### Levantamiento topográfico con sistemas RTK GNSS

Para determinar la alteración del paisaje, se realizó un levantamiento topográfico del área. Para ello se utilizó un equipo RTK (Real Time Kinematic) que permite obtener datos geoespaciales de alta precisión en tiempo real (Moyano et al., 2020), que requiere de dos dispositivos que son: i) base receptora en un punto con coordenadas conocidas; ii) dispositivo que se moviliza a otros puntos para obtener sus coordenadas (Onur Aykut et al., 2015).

La estación receptora de señal GPS, transmite a través de información inalámbrica hacia el dispositivo móvil también conocido como rover, de modo que las estas unidades móviles realizan correcciones de la posición relativa con respecto a la señal de la estación base (Pistarelli et al., 2019). Los datos obtenidos fueron procesados por el software Civil 3D de Autodesk, para poder calcular los volúmenes de reserva que posee la cantera.

### **Fotogrametría con Dron MAVIC 2**

La metodología para fotografiar un área con dron, sigue un procedimiento de unión de varias imágenes captadas por el equipo en campo, lo que genera un ortomosaico de alta resolución (Reyes, Godoy and Realpe, 2019; Cienciała, Sobura and Sobolewska-Mikulska, 2022; Mugnai and Tucci, 2022).

Se inicia con la planificación del vuelo empleando el software DroneDeploy (González Herrera et al., 2019; Moreno Alcivar, 2022). Se equipa el dron con cuatro hélices, se asegura que la batería esté fija en su sitio, y que el lente y sensores de la cámara se encuentren limpios (MAVIC 2, 2018). Una vez listo, el dron inicia su vuelo. Al alcanzar la altura determinada, el dron viaja hacia su punto de partida (Vellemu et al., 2021) para empezar con la captación de datos, mientras se supervisa el vuelo en tiempo real desde el dispositivo móvil. Posteriormente, los datos se transfieren al software Agisoft Metashape para su procesamiento fotogramétrico.

### **Fase 2: Elaboración del plan de cierre y abandono de operaciones, y plan de rehabilitación.**

Para desarrollar el plan de cierre y abandono se utilizó la guía de Asobanca (2021). Se empleó el software excel, para elaborar la tabla del plan de cierre y abandono de operaciones. Para la elaboración del plan de cierre de la cantera Chinique, se proponen seis acciones indispensables, mismas que se integran en el plan de cierre y abandono.

#### **Medidas de rehabilitación de la cantera**

Las actividades consideradas dentro del Plan de cierre de operaciones de la cantera Chinique son: i) Requerimientos administrativos; ii) Manejo de desechos y residuos peligrosos, especiales y no peligrosos; iii) Rehabilitación de espacios degradados; iv) construcción de infraestructura de hormigón, v) implementación de sistema de riego; y vi) revegetación, estas se detallan a continuación, especificando su importancia.

#### **Requerimientos administrativos**

Para efectuar el plan de cierre y abandono, es necesario presentar la solicitud de extinción del permiso ambiental para el caso de finalización del proyecto. Fundamental es la presentación del plan de cierre y abandono de operaciones, en el cual se contemplan todas las fases del proyecto (Montero et al., 2016). Este plan para su aprobación debe incluir la recuperación del área, el plan de verificación de su cumplimiento, los impactos sociales, y su plan de compensación (Ley de Minería, 2009).

#### **Manejo de desechos y residuos peligrosos, especiales y no peligrosos**

Es importante establecer medidas para manejar los desechos que se hallen en el sitio. Acciones como el acopio y gestión adecuada de desechos generados en el área de la cantera, impide la propagación de contaminación en la zona, y contribuye a la gestión sostenible (Tazzini et al., 2024).

Los residuos peligrosos se clasifican conforme al (Listado Nacional Sustancias químicas peligrosas desechos peligrosos , 2012), en sustancias químicas peligrosas (Anexo A) son aquellas sustancias que representan alto riesgo potencial para la salud y ambiente, y desechos peligrosos (Anexo B) son aquellos desechos sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos, que representan un riesgo para salud humana y el ambiente; y los especiales son aquellos que sin ser peligrosos, por su naturaleza, pueden impactar el ambiente o la salud, debido al volumen de generación o la difícil degradación. Finalmente, los residuos no peligrosos, son aquellos materiales sólidos de origen orgánico e inorgánico, que no tienen utilidad práctica para la actividad que lo produce (Acuerdo No. 061, 2015).

Para realizar estas acciones es importante contar con contenedores con su respectivo distintivos y color, que permitan identificar el tipo de residuo que almacena (Guzmán et al., 2014). Para el retiro de los desechos es importante determinar que residuos pueden ser nuevamente aprovechados, para destinarlos a sitios que puedan otorgarle un segundo uso, y en el caso de los residuos se deberá gestionar con la entidad municipal correspondiente para la correcta deposición de los desechos.

### Rehabilitación de espacios degradados

Para la rehabilitación de las áreas destinadas a extracción de material pétreo tal como se observa en la figura 3, se considera la implementación de terrazas, empleando material del sitio. Este sistema de estabilización de los taludes, permite la reducción de la erosión en el suelo, causada por la escorrentía superficial (Willems et al., 2021).

### Figura 3

*Talud formado debido a la extracción de material*



No se considera como opción el uso de áridos reciclados, debido a que, según el autor, el uso inadecuado de áridos reciclados contribuye a incentivar el manejo ilegal de suelos y piedras excavadas (Nesticò et al., 2024). Los autores Garbarino et al., (2020) y Worlanyo and Jiangfeng, (2021), expresan que la reutilización de agregados en restauración ambiental, impide que se puedan aprovechar más apropiadamente en otras áreas de ingeniería.

Al implementar terrazas, se disminuye el ángulo de fricción de las pendientes de los taludes (Willems et al., 2021). La reducción del ángulo de las pendientes es una solución, para afrontar los obstáculos que conlleva la revegetación, al optimizar los procesos de sembrado, plantación, aireación del suelo, e infiltración del agua, y disminuir los riesgos operativos (Gastauer et al., 2022). Se propone implementar

el tipo de terraza de base ancha, misma que cuenta con amplias secciones transversales, que permiten el paso de maquinaria (Martínez et al., 2009).

### **Construcción de infraestructura**

En la última fase de rehabilitación, se plantea realizar la construcción de infraestructura básica para el resguardo del equipo del sistema de riego, utilización de las lagunas para pesca deportiva y una cabaña abierta pequeña. Las cabañas permiten el descanso de futuras visitas como inspecciones técnicas, turismo, o excursiones escolares al lugar.

En el fin del periodo de rehabilitación, es importante la puesta en valor del patrimonio geológico-minero, para permitir su preservación, y protección, de modo que a futuro a esta área se la incorpore como un geositio de la provincia, permitiendo el acceso a nuevas opciones de geoturismo en la región (Herrera et al., 2020; Herrera Narváez et al., 2022).

Como expresa Jarzyna et al., (2023) para la creación y operación de geositios y lugares de geodiversidad, es esencial contar con una promoción adecuada por parte de diversas instituciones, tanto públicas como privadas.

### **Sistema de riego**

La importancia de la implementación de un sistema de riego radica en que permite y facilita el constante riego de las plantas (Medina Carrasco & Coral Ygnacio, 2022), además que se evita riegos excesivos que perjudican los cultivos, tal como lo genera el riego manual (Vijay et al., 2020).

### **Revegetación**

El reverdecimiento de laderas empinadas puede promover la rehabilitación ambiental mediante la sucesión ecológica, disminuyendo a largo plazo los impactos de los proyectos mineros o de infraestructura sobre la biodiversidad, así como sobre las funciones y servicios de los ecosistemas, especialmente si se emplean especies nativas (Gastauer et al., 2018).

La revegetación mediante técnicas de bioingeniería del suelo se considera la opción más viable para mejorar la seguridad general de las pendientes (Nilsson, 2020; Polster, 2003; Suhatrill et al., 2019).

### **Fase 3: Desarrollo del presupuesto y cronograma valorado para la ejecución del plan de cierre y abandono, y plan de rehabilitación**

Para la elaboración del presupuesto se utilizó el software Excel, donde primero se identificaron los rubros involucrados para la ejecución del proyecto de plan de cierre y abandono. Una vez definido los rubros se analizaron los planos topográficos donde se identificaron volúmenes de corte y relleno; planos estructurales, arquitectónicos, cortes, implantación, vista de planta y sistema de riego para determinar cantidad de materiales requeridos para efectuar cada rubro, teniendo en cuenta la mano de obra, maquinaria y herramientas.

Posteriormente se procede a realizar el análisis de precios unitarios (APU) de cada rubro. Una vez culminado este proceso continúa la fase de realización del Presupuesto, donde se considera la cantidad de rubros por su precio unitario, sumando todos los totales de cada rubro, se obtiene el precio total del proyecto.

Calculado el valor total del proyecto se procede a realizar el cronograma valorado dispuesto, para el tiempo establecido que dure su ejecución.

## RESULTADOS

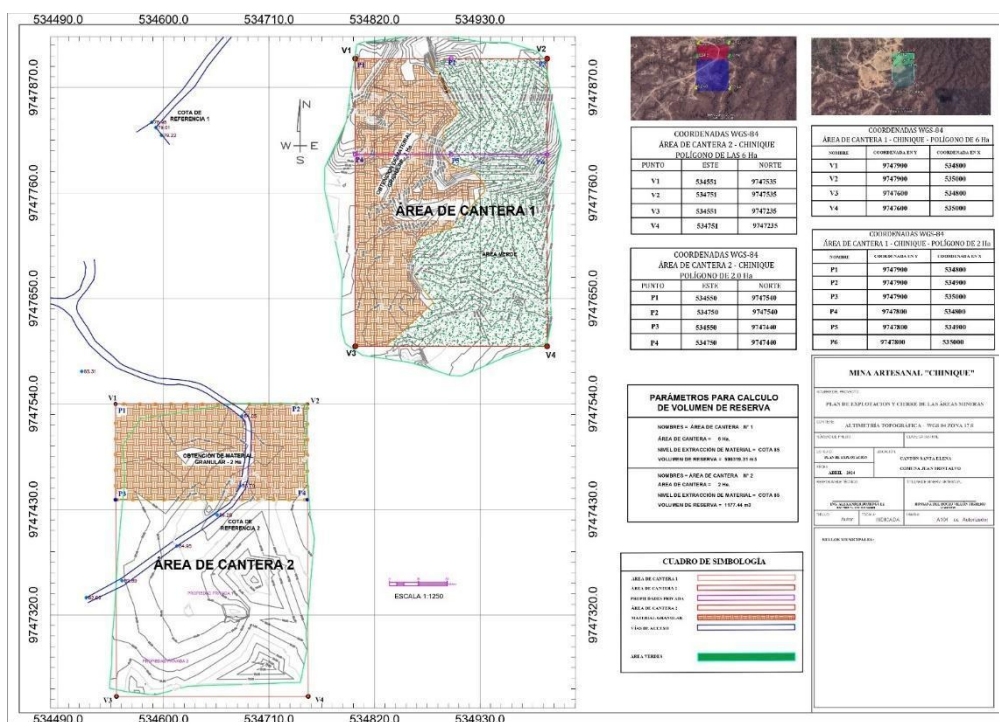
En base a la metodología propuesta se obtienen los siguientes resultados descritos en tres fases.

### Fase 1: Determinar volumen de reserva, mediante levantamiento topográfico

En base al análisis realizado en el programa Civil 3D, se ha determinado el volumen de reserva de la Cantera Chinique, el cual es de 590 319.31 m<sup>3</sup>, con respecto a una cota de referencia de 85 msnm que corresponde a la vía adyacente a la cantera. Mediante el levantamiento topográfico tal como se observan en la Figura 4 y Figura 5, se obtiene una representación detallada del área de la cantera trabajada, permitiendo identificar los niveles actuales del terreno, los taludes y las zonas de extracción. Esta información es esencial para evaluar el grado de agotamiento de los recursos, delimitar los sectores críticos y definir las áreas que requieren intervención para el proceso de restauración. Además, sirve como base para planificar el cierre y asegurar una gestión eficiente de los recursos remanentes.

Figura 4

Plano de levantamiento topográfico de la cantera Chinique en escala de formato A3, donde se identifica el volumen de reserva del área de las 2 hectáreas



## Figura 5

*Fotogrametría obtenida con Dron en el área de la cantera*



### **Fase 2: Elaborar plan de cierre y abandono de operaciones, y plan de rehabilitación**

Se detallan a continuación las medidas propuestas para efectuar la rehabilitación de la cantera.

#### **Medidas de restauración de la cantera**

El diseño de la propuesta del plan de cierre y abandono se enfocó en mitigar los impactos ambientales y asegurar la restauración del sitio de manera efectiva incluyendo un conjunto de acciones clave, como lo indicaron: i) Willems et al., (2021) el diseño de terrazas; ii) Gastauer et al., (2018), restauración de los suelos a través de técnicas de siembra de especies vegetales nativas; iii) Tazzini et al., (2024) el manejo adecuado de residuos generados durante las operaciones; iv) sistema de monitoreo ambiental continuo post-cierre, cronograma detallado y un presupuesto estimado, con el objetivo de garantizar la ejecución eficiente y sostenible del plan de cierre y abandono.

La Tabla 2 evidencia las actividades de requerimientos administrativos y manejo de desechos, para ejecutarse están a cargo del titular minero, y las demás etapas a cargo de la empresa constructora o entidad pública asignada.

Los plazos para las actividades de los requerimientos administrativos y revegetación son de 4 semanas; para el manejo de desechos y residuos peligrosos y no peligrosos tendrán un plazo una semana; para la rehabilitación de espacio degradados, construcción de infraestructura e instalaciones de sistema de riego se ejecutan en un lapso de 8 semanas; y habilitación de albardas 3 semanas.

En base a las medidas propuestas para efectuar el plan de cierre y abandono de la cantera se obtienen los siguientes resultados.

#### **Requerimientos administrativos**

Se identifican las leyes nacionales a las que el informe de plan de cierre y abandono debe regirse, tales como el Reglamento Ambiental de Actividades Mineras, Ministerio de Ambiente, que establece la ejecución de rehabilitación y revegetación posterior al cierre, en el Art. 104, y el Capítulo X, las disposiciones técnico-ambientales. La Constitución de la República del Ecuador, de igual forma considera aspectos importantes en el capítulo séptimo, derecho de la naturaleza.

Los documentos que el titular minero debe realizar son: la extinción del permiso ambiental, mismo que se debe gestionar en conjunto con la Municipalidad de Santa Elena.

Para los trámites pertinentes, es importante designar roles al personal que va a intervenir en el proceso de cierre de la cantera, con el fin de que se cumplan a cabalidad las designaciones, sin retrasos.

### Manejo de residuos y desechos

En el área no fue necesario establecer las medidas de manejo de residuos y desechos debido a que no se registraron volúmenes de desperdicios.

### Rehabilitación de espacios degradados

Se plantea la implementación de los terraplenes para otorgar estabilidad a las pendientes, además que se evita percances como deslaves que perjudiquen a la comunidad, y se garantiza la accesibilidad a las cimas, que están destinadas para construcción de miradores e infraestructura pertinente, con fines turísticos y socio-económicos.

Sin embargo, para restauraciones que emplean terraplenes que siguen la topografía berma, talud, cuneta, es necesario tomar consideraciones. Entre ellas está reducir el ángulo de la pendiente, esto con el fin de facilitar la siembra, la plantación y la aireación del suelo, mejorar la infiltración de agua y disminuir los riesgos operativos (Gastauer et al., 2022).

**Tabla 2**

*Plan de cierre y abandono de operaciones de la cantera "Chinique"*

Actividad	Medidas Propuestas	Indicador	Verificación	Cronograma Mensual			
				1er	2do	3er	4to
Requerimientos administrativos	Finiquito del permiso ambiental, adjuntando los respaldos del cumplimiento de las obligaciones desde la fecha del proceso inicial y presentación de la solicitud (Ministerio de Ambiente y Agua, 2019).	Número de oficios presentados al GAD Municipal del Cantón	Oficios enviados				
	Cumplir en su totalidad el plan de cierre y abandono correspondiente a la autorización administrativa ambiental, previa aprobación (Ministerio de Ambiente y Agua, 2019).	Número de informes de presentación del plan de cierre y abandono	Plan de Cierre y abandono impreso y digital				
Manejo de desechos y residuos peligrosos, especiales y no peligrosos	Clasificar desechos acordes a su naturaleza y entregarlos a gestores autorizados por la Autoridad Ambiental.	Peso desechos sólidos entregados o dispuestos (Kg)	Infograma				
	Mantener los registros de entrega de	Número registros de	Registros de desechos				

	desechos y/o residuos.	clasificación de desechos					
Rehabilitación de espacios degradados	Disminuir los esfuerzos actuantes en los taludes, mediante el cambio de la geometría de las terrazas en las áreas donde se realizó extracción de material	Volumen de corte y relleno para estabilizar taludes (m3)	Memoria de cálculo del volumen				
Construcción de infraestructura	Construcción de caseta de hormigón, para el cuidado de los implementos del sistema de riego, adecuación del área de la albarrada. (Bomba de agua, mangueras, herramientas)	Área de construcción (m2)	Diseños estructurales sanitarios eléctricos				
Implementación de sistema de Riego	Habilitación y mantenimiento de albarradas	Área de construcción (m2)	Infograma, planos				
	Instalación de sistema de riego para la revegetación de la cantera	Área de implementación del sistema de riego (m2)	Infograma, planos				
Revegetación	Para realizar la recuperación de la cubierta vegetal, no necesariamente debe pensarse en especies vegetales arbóreas, sino tratar de imitar los patrones espaciales y temporales que exhibe la vegetación de la zona a restaurar.	Áreas revegetadas con cobertura vegetal (m2)	Infograma				
	Revegetación con especies para el control de la erosión o fijación del nitrógeno, ejemplares con valor estético y especie local importante para la conservación de la biodiversidad, para evitar introducción de especies no nativas.	Áreas revegetadas con cobertura vegetal	Infograma				
	Realizar reforestación bajo la asesoría de expertos en restauración de bosques, respetando la fauna y flora nativa.	Áreas revegetadas con cobertura vegetal	Infograma				

**Fuente:** elaboración propia.

Las terrazas se diseñaron en tres niveles, con una base de 5,00 metros de longitud, y contrahuella de 5,50 metros con pendiente de 45°.

### Construcción de infraestructura

Compone de dos espacios, uno destinado para almacenar materiales, herramientas y equipos que sean necesarios durante la fase de reforestación, y otro espacio adyacente a la bodega, que actúa como sitio de descanso o refugio.

El área de bodega diseñada a construirse a base de hormigón estructural posee dimensiones de 2,40 m x 2,40 m, y el área de la pérgola diseñada con madera presenta dimensiones de 3 m x 2,40 m.

Se propone también la construcción de 2 reservorios de agua ubicados al norte y sur del área a reforestar, cada uno con dimensiones de 25 metros de largo, con 16 metros de ancho, ideal para almacenar cuerpos de agua que serán utilizados para el riego de las plantas.

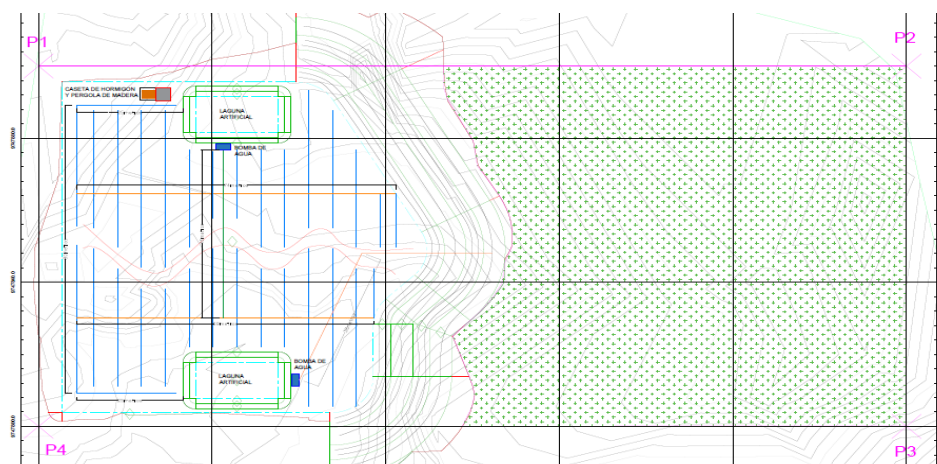
### Sistema de riego

Emplear una técnica de riego adecuada permite la optimización de los recursos, tal es el caso del sistema de riego por goteo que distribuye el líquido vital eficientemente, evitando desperdicios (Aranibar et al., 2023).

La figura 6 muestra el diseño de riego propuesto para este caso de estudio. Las líneas azules representan las mangueras de goteo de 16mm, las líneas de color verde representan mangueras de 40 mm x 100 m, y las líneas anaranjadas representan mangueras de 32 mm x 100 m, mismas que serán las encargadas de distribuir el agua hacia los sembríos.

### Figura 6

*Diseño del sistema de riego en la zona de estudio*



Mediante la determinación del sistema de riego por goteo, es posible también determinar los costos para su implementación.

### Revegetación

Las terrazas reforestadas, serán parte del paisaje del potencial geosítio, en cada uno de los niveles se plantea sembrar las especies nativas Palo Santo, Mata chivato y Algarrobo. Las especies se

abastecerán del agua almacenada en los reservorios, ya que de acuerdo con (Plaza Behr et al., 2021) en lugares con condiciones climáticas extremas el abastecimiento de agua, es un factor propicio para el crecimiento de la flora.

Se describen a continuación en la Tabla 3 las especies identificadas en el área de estudio determinadas en el inventario forestal, mismas que se muestran en la figura 7.

**Tabla 3**

*Especies dominantes, codominantes y de baja presencia*

<b>Especies dominantes</b>		
<b>Cascol</b>	<b>Chirigua</b>	<b>Huasango</b>
<b>Libidivia corimbosa</b>	<b>Eriotheca ruizzi</b>	<b>Lexopterygium huasango</b>
“Árbol caducifolio de hasta 20 metros de altura y 20 cm de diámetro. Presenta abundantes ramas, corteza exterior de color verde oscuro, lisa y con manchas blancas” (Bone et al., 2023).	“Árbol caducifolio, de entre 10-20m de altura y 30-50 cm de diámetro. Fuste retorcido, madera suave. Copa globosa muy abierta” (Ministerio del Ambiente, 2012).	“Árbol caducifolio, de 15-20 m de altura, 40 cm de diámetro. Fuste irregular, muy ramificado. Copa globosa, frondosa, con follaje casi siempre amarillento. Corteza lisa, color café cuando joven, cuando es adulto la corteza es marron.” (Ministerio del Ambiente, 2012)
<b>Especies codominantes</b>		
<b>Algarrobo</b>	<b>Barbasco</b>	<b>Palo Santo</b>
<b>Prosopis juliflora</b>	<b>Jacquinia sprucei Mez</b>	<b>Bursera gabreolus</b>
“Árbol espinoso, raras veces inerme, de 6-15 m de altura. Fuste ramificado con diámetros que varían de 40-80 cm de DAP. Copa horizontal globosa de 8-12 m de diámetro” (Ministerio del Ambiente, 2012)	“Árbol perennifolio de 10-12 m de altura y 20-25 cm de DAP. Fuste irregular, ramificado. Corteza externa gris claro, de apariencia arrugada. Fruto una baya grande color amarillo, naranja o rojizo de 1,5-2 cm de diámetro, pericarpio leñoso” (Ministerio del Ambiente, 2012)	“Árbol caducifolio de hasta 12 m de altura y 40 cm de DAP. Fuste cilíndrico ramificado desde 2 m del suelo. Copa redondeada, medianamente cerrada. Corteza externa lisa. Partes vegetativas con presencia de glándulas que exudan resina con olor alcanforado” (Ministerio del Ambiente, 2012)
<b>Cardón columnar</b>	<b>Mata chivato</b>	<b>Uña de gato</b>
<b>Armatocereus cartwrightianus</b>	<b>Hipomea cornea</b>	<b>Pisoniama cranthocarpa</b>
Especie endémica de la ecorregión Tumbesina. Con presencia de espinas largas, se encuentra de 0 a 650 msnm (Loaiza Salazar, 2022).	“Arbusto deciduo de 2-3 m de altura. Tallo cilíndrico, con corteza verde-azulado, ligeramente fisurada. Flores hermafroditas, cáliz de 6 sépalos verdes pequeños, corola gamopétala, grande, rosa intenso o rosa púrpura, de 3,5-4,5 cm de diámetro en la parte delantera” (Ministerio del Ambiente, 2012).	“Arbusto caducifolio de 5-6 m de altura. Fuste deforme muy ramificado, con espinas recurvadas. Copa irregular, abierta. Corteza lisa, verde a pardo claro” (Ministerio del Ambiente, 2012).
<b>Especies de baja presencia</b>		
<b>Bledo</b>	<b>Caminadora</b>	<b>Ortiguilla</b>
<b>Amaranthus hybridus</b>	<b>Paspalum</b>	<b>Waltheria indica</b>
“Planta anual dicotiledónea. Puede alcanzar una altura de	“Perennes estoloníferas. Altura de hasta 200 cm alto;	“Planta medicinal, se distribuye ampliamente en las regiones

<p>hasta 65 cm. Su raíz principal es pivotante, con raíces secundarias y terciarias que crecen hasta 40 cm de longitud, permitiéndoles tolerar escasez de agua. El tallo es cilíndrico, con surcos longitudinales” (Romero-Benavides et al., 2023).</p>	<p>entrenados y nudos glabros a pilosos. Hojas con vainas carinadas, glabras o piloso-hispidas; lígula 0.5-2.5 mm largo; láminas 22-45 cm largo, 10-20 mm ancho, anchamente lineares, aplanadas, glabras a pilosas” (Aliscioni, 2000).</p>	<p>tropicales del mundo. Posee propiedades amargas, refrescantes y astringentes; por ello, se utiliza para eliminar el calor húmedo, toxinas y para refrescar la sangre” (Nirmala &amp; Sridevi, 2021).</p>
---	--	---

**Fuente:** elaboración propia.

Debido a la erosión del suelo se propone implementar técnicas que permitan recuperar los nutrientes del suelo, tales como la aplicación de purines de cerdo, que aportan nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, magnesio y calcio, y también los restos de poda que reducen la evaporación del agua (Peñaranda Barba et al., 2021).

### Figura 7

*Especies dominantes, codominantes y de baja presencia halladas en la zona no perturbada de la cantera*



Es importante señalar, que el inventario forestal registra las siguientes especies pertenecientes a la comuna: i) florísticas dominantes a la Chirigua (*Eriotheca ruizzi*); ii) Huasango (*Lexopterygium huasango*); iii) Cascol (*Libidivia corimbosa*). Además, existen también especies codominantes como: i) Algarrobo (*Prosopis juliflora*); ii) Palo Santo (*Bursera gabreolus*); iii) Barbasco (*Piscidia carthagenensis*); iv) Cardón (*Monvillea difusa*); v) Mata Chivato (*Hipomea cornea*); vi) Pega Pega

(Pisoniama cranthocarpa). Igualmente hay especies de baja presencia como: i) Bledo (*Amaranthus hybridus*); ii) Caminadora (*Paspalum* sp); iii) Ortiguilla (*Urtica* sp).

### Medidas de restauración de la cantera

Se presenta a continuación en la Tabla 4 el plan de rehabilitación para el presente estudio.

**Tabla 4**

*Plan de rehabilitación*

Actividad	Medidas propuestas	Indicadores	Medio de verificación	Responsable
Riego de plantas	Se debe regar las plantas sembradas mediante una programación establecida	Crecimiento de las plantas	Registro fotográfico	Comuna Juan Montalvo
Manejo de residuos	Clasificar los desechos y/o residuos generados acorde a su naturaleza y entregarlos a gestores autorizados por la Autoridad Ambiental.	Kg de desechos sólidos entregados o dispuestos	Registro fotográfico de los desechos	Comuna Juan Montalvo
	Mantener los registros de entrega de desechos y/o residuos.	Números de registros de clasificación de desechos	Registros de desechos	Comuna Juan Montalvo
Control de especies invasoras	Evitar que plantas o animales invasores se establezcan en el área.	Número de especies animales o plantas que haya invadido el área	Registro fotográfico	Comuna Juan Montalvo
Creación de hábitats	Diseñar espacios para la fauna local, como lagunas o áreas boscosas.	Metros cuadrados de áreas de las canteras destinadas para hábitats naturales	Registro fotográfico / Aumento de especies nativas en los hábitats	Comuna Juan Montalvo
Reutilización del espacio	Adaptar la cantera para nuevos usos, como áreas recreativas, reservas naturales, o incluso desarrollos urbanísticos.	Metros cuadrados de áreas de las canteras destinadas para áreas recreativas, reservas naturales o para desarrollo urbanístico	Planos de áreas a intervenir	Comuna Juan Montalvo
Seguimiento ambiental	Evaluar la efectividad de las medidas implementadas a través de monitoreos periódicos.	Metros cuadrados del área de la cantera rehabilitada	Registro fotográfico	Comuna Juan Montalvo
Mantenimiento de infraestructura y sistema de riego	Garantizar el funcionamiento continuo de sistemas de riego, control de erosión y vegetación.	Metros cuadrados que abarca el sistema de riego	Registro fotográfico, planos	Comuna Juan Montalvo
Informar a la comunidad	Promover la participación de las comunidades cercanas en el proceso de rehabilitación.	Número de reuniones realizadas para	Registro fotográfico e informe de	Comuna Juan Montalvo

		anunciar comunicados	comunicados a realizar	
Capacitaciones en gestión ambiental a comuneros	Fomentar buenas prácticas para prevenir futuros impactos negativos.	Número de asistentes a las capacitaciones	Registro fotográfico y de asistencia	Comuna Juan Montalvo

**Nota:** Lugar de aplicación: Cantera "Chinique" - Responsable: Comuna Juan Montalvo

Este plan propone actividades para su implementación posterior a la finalización del cierre de la cantera, para el control y monitoreo de la rehabilitación. La Tabla 6 contiene las medidas propuestas para cada actividad.

FASE 3: Desarrollo del presupuesto y cronograma valorado para la ejecución del plan de cierre y abandono, y plan de rehabilitación

El precio calculado para la ejecución de este proyecto es de \$522,148.96, con un plazo estimado de 4 meses. Este presupuesto contempla todas las actividades necesarias para llevar a cabo un cierre adecuado, incluyendo la remoción de maquinaria, la estabilización del terreno, y reforestación, así como las medidas de control de erosión y manejo de residuos. El objetivo es garantizar que el sitio contemple condiciones seguras y un impacto ambiental mínimo, cumpliendo con las normativas vigentes y asegurando la sostenibilidad a largo plazo del área intervenida.

### **DISCUSIÓN**

Los resultados demuestran que es indispensable la disposición del recurso hídrico, para la siembra de las especies nativas. Estos hallazgos guardan relación con lo determinado por Plaza Behr et al., (2021), que sostienen que la disposición de agua es indispensable para garantizar la supervivencia de las especies en condiciones adversas climáticas y de suelo degradado por la pérdida del sustrato fértil y alta exposición solar.

Si bien las fuentes de agua, son indispensables para asegurar el crecimiento de la vegetación, las condiciones del sustrato también son vitales, con la finalidad de retener este líquido vital, y aportar nutrientes.

Por ello en conformidad con Peñaranda Barba et al., (2021), se considera la aplicación de abono orgánico, purines de cerdo, y restos de poda, sobre las terrazas de la cantera Chinique, por motivo a que esta se encuentra ubicada en zonas áridas, que como expresa Mc Caughey-Espinoza et al., (2018), estas carecen de cobertura vegetal.

La disponibilidad de agua es imprescindible tanto como las propiedades físicas y químicas de la cobertura vegetal para proyectar un sistema eficiente que asegure la restauración ecológica.

Se propone en complemento al plan de cierre, un plan de rehabilitación, con el fin de que las acciones ejecutadas en el plan inicial que necesitan un control tales como riego de las plantas, mantenimiento del área e infraestructura, control de especies, y capacitación sean ejecutadas eficientemente. Estos hallazgos concuerdan con los resultados del autor Montero Matos et al., (2017), quien de igual forma coincide en proponer posterior a la ejecución del plan de cierre, un proceso de seguimiento y control para cumplir con actividades de monitoreo al personal y labores de rehabilitación, y gestionamiento de informes, y propuestas complementarias.

Estos hallazgos permitirán que este estudio sea un referente para la elaboración de otros planes de cierre y abandono, con el fin que las normativas propuestas en la Ley de minería sean cumplidas a cabalidad.

La importancia que se le otorgue a los planes de cierre y abandono, debe ser planificada como lo expresa la ley de minería y ambiente con 2 años de anticipación, con el fin de velar por el futuro de la zona y evitar como en casos mencionados situaciones de abandono. Actuar con responsabilidad y respeto ante la naturaleza, para retribuir lo que en su momento nos ha permitido utilizar y que gracias a esta actividad se ha obtenido beneficios en favor del crecimiento económico y social para nuestra comunidad.

### **CONCLUSIÓN**

Situada en el Sur de la Provincia de Santa Elena, en la Comuna Juan Montalvo, la cantera Chinique próxima a término de sus años de concesión minera, es un caso de una zona poco conocida y subdesarrollada que busca oportunidades de desarrollo, aprovechando su abundante patrimonio natural y geológico.

El estudio de esta propuesta del cierre y abandono de operaciones de la cantera "Chinique" es un caso destacado, gracias al interés y apoyo que ha tenido el Proyecto, por parte de la gestión responsable de la comuna y el titular minero, por ende, se concluye con el plan de cierre y rehabilitación del lugar, para alcanzar convertir este sector en un punto geoturístico, donde se mantiene la identidad, y reseñas de labores ancestrales de la minería.

Se finiquita, que el presupuesto para el plan de cierre y abandono de operaciones es de \$522,148.96, en un plazo de ejecución de cuatro meses, mismo que se pueda tomar en consideración una vez culminada la vigencia del periodo de concesión.

Se recomienda que para impulsar en mayor medida el turismo en al área de la cantera Chinique posteriormente a su rehabilitación, se considere implementar el sembrío de tilapias. Esta actividad desarrollada en otras regiones del país, ha permitido ser una fuente de ingreso para las comunidades de los sectores aledaños. Gracias a su atractivo para los turistas la siembra de tilapia permite reunir familias y comunidades para desarrollar actividades en conjunto como la pesca, y aprendizaje del proceso de crianza, también fomenta emprendimientos locales, y festivales gastronómicos.

Previo a implementar esta actividad se sugiere realizar un estudio complementario, que incluya presupuesto, planos, viabilidad técnica para considerar los recursos disponibles, y viabilidad económica y turística.

## REFERENCIAS

Acuerdo No. 061 (2015).

Afonso Bambi, A. (2019). Minería y desarrollo sostenible: un acercamiento a la explotación de materiales para la construcción en Uige, Angola. *Minería y Geología*.

Al' Afif, M., Sartohadi, J., & Samodra, G. (2024). Impact of landslide on geoheritage: Opportunities through integration, geomorphological classification and machine learning. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 12(2), 333–351. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2024.05.002>

Ali, D., & Ur Rehman, A. (2020). Adoption of autonomous mining system in Pakistan – Policy, skillset, awareness and preparedness of stakeholders. *Resources Policy*, 68. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101796>

Aliscioni, S. S. (2000). Anatomía ecológica de algunas especies del género *Paspalum* (Poaceae, Panicoideae, Paniceae). *Darwiniana*, 187–207.

Aranibar, E. J., Melo, E. A., & Allazo, E. A. V. (2023). Development of a system for intelligent irrigation for the automation of water use | Desarrollo de un sistema para el riego inteligente para la automatización del uso del agua. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*, 2023-July. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2023.1.1.918>

ARCERNR. (2025). Geoportal de Catastro minero. <https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=27bfda03ce4342b3834a27010da857e5>

Asobanca. (2021). Guía de minas y canteras de material pétreo. <https://asobanca.org.ec/wp-content/uploads/2022/12/12.-Guia-Minas-y-Canteras-de-material-petreo.pdf>

ASTM C131-06. (2010). Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. <https://doi.org/10.1520/C0131-06>

ASTM C-535-12. (2016). Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. <https://doi.org/10.1520/C0535-12>

ASTM D 422. (2007). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. <https://doi.org/10.1520/D0422-63R07>

ASTM D 1557. (2009). Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)). <https://doi.org/10.1520/D1557-09>

ASTM D 1883. (1999). Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils. <https://doi.org/10.1520/D1883-99>

ASTM D4318-05. (2005). Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. <https://doi.org/10.1520/D4318-05>

Astudillo-Sánchez, E., Flor, J. P., Medina, G., & Medina, A. (2019). Gestión de los bosques tropicales estacionalmente secos de la provincia de Santa Elena, Ecuador: una perspectiva desde la conservación. *Industrial Data*, 22(2), 117–127. <https://www.redalyc.org/journal/816/81662532009/81662532009.pdf>

Barberà-Mariné, M.-G., Fabregat-Aibar, L., Ferreira, V., & Terceño, A. (2024). One Step Away from 2030: An Assessment of the Progress of Sustainable Development Goals (SDGs) in the European Union | A un paso de 2030: Una evaluación del progreso de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en la

Unión Europea. *European Journal of Development Research*, 36(6), 1372–1397.  
<https://doi.org/10.1057/s41287-024-00641-0>

Best, B., & Kessler, M. (1995). Biodiversity and conservation in Tumbesian Ecuador and Peru. *International Council for Bird Preservation*.  
[https://pavaaliblanca.weebly.com/uploads/5/0/3/0/50301069/best\\_kessler.pdf](https://pavaaliblanca.weebly.com/uploads/5/0/3/0/50301069/best_kessler.pdf)

Bone, D. A. L., Cortez, C. C., Ruano, D. J. L., Vernaza, J. M., Vargas, R. C., Ruano, G. L., Medina, C. E. M., & Bone, M. O. L. (2023). Existencia y distribución del libidibia corymbosa en la Provincia de Esmeraldas Ecuador. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(2), 756–768.  
<https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/652/889>

Chiriboga, V., & Navarrete, B. (2022). Las comunas ancestrales de la costa ecuatoriana frente a las élites económicas. <https://fianecuador.org.ec/wp-content/uploads/2022/03/12-elites-y-comunas-ancestrales.pdf>

CMMAD. (1987). *Nuestro Futuro Común*.

Dowling, R. K. (2009). Geotourism's contribution to local and regional development. *Geotourism and Local Development*, 15–37.

Dungca, J. R., & Dychangco, L. F. T. (2016). Strength properties of road base materials blended with waste limestones. *International Journal of GEOMATE*, 11(3), 2493–2498.

Flatley, A., & Markham, A. (2021). Establishing effective mine closure criteria for river diversion channels. *Journal of Environmental Management*, 287.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112287>

Gamborg, C., Morsing, J., & Raulund-Rasmussen, K. (2019). Adjustive ecological restoration through stakeholder involvement: A case of riparian landscape restoration on privately owned land with public access. *Restoration Ecology*, 27(5), 1073–1083.

Gamundi, C. E., & Arcuri, C. B. (2008). La explotación de áridos en el valle de Tafí: algunos aspectos de la gestión minera (provincia de Tucumán, Argentina). *Acta Geológica Lilloana*, 183–192.

Garbarino, E., Orveillon, G., & Saveyn, H. G. M. (2020). Management of waste from extractive industries: The new European reference document on the Best Available Techniques. *Resources Policy*, 69.  
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101782>

Garzón, G., & del Val Martín, P. (2017). Importancia del diseño de una ruta de turismo. Un caso de Ecuador. *Revista Mahpat*, 37–45.

Gastauer, M., Massante, J. C., Ramos, S. J., da Silva, R. D. S. S., Boaneres, D., Guedes, R. S., Caldeira, C. F., Medeiros-Sarmiento, P. S., de Castro, A. F., Prado, I. G. D. O., Maurity, C., & Ribeiro, P. G. (2022). Revegetation on Tropical Steep Slopes after Mining and Infrastructure Projects: Challenges and Solutions. *Sustainability (Switzerland)*, 14(24). <https://doi.org/10.3390/su142417003>

Gastauer, M., Silva, J. R., Junior, C. F. C., Ramos, S. J., Souza Filho, P. W. M., Neto, A. E. F., & Siqueira, J. O. (2018). Mine land rehabilitation: Modern ecological approaches for more sustainable mining. *Journal of Cleaner Production*, 172, 1409–1422.

González Herrera, R., Ucán Navarrete, J. P., Sánchez y Pinto, I., Medina Esquivel, R., Árcega Cabrera, F. Á., Zetina Moguel, C., & Casares Salazar, R. (2019). Drones. Aplicaciones en ingeniería civil y geociencias. *Interciencia*, 44(6), 326–331.

González, M., Campoverde, D., Garcés, J., Herrera F, G., & Moreno Alcívar, L. (2024). Management Plan for Access to the Ancón Pozo 001 Geosite, Santa Elena Canton. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2024.1.1.1674>

González Tomalá, M., Moreno Alcívar, L., Herrera Franco, G., Campoverde Campoverde, D., & Garcés Vargas, J. (2021). Management Plan for Access to the Ancón Pozo 001 Geosite, Santa Elena Canton. LACCEI. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2024.1.1.1674>

Griffith, B. (1972). Road materials and quarrying. *Engineering Geology and Hydrogeology*, 5. <https://doi.org/https://doi.org/10.1144/GSL.QJEG.1972.005.01.18>

Guzmán, A., Robayo, Y., & González, G. (2014). Lineamientos para el adecuado manejo ambiental en las canteras del cerro Manas (Cajicá, Cundinamarca). *Asuntos Económicos y Administrativos*, 26, 281–292. <https://revistasum.umanizales.edu.co/ojs/index.php/Asuntosecoyadmon/article/view/2315/2417>

Håkan Tarras-Wahlberg, N., Flachier, A., Fredriksson, G., Lane, S., Lundberg, B., & Sangfors, O. (2000). Environmental impact of small-scale and artisanal gold mining in southern Ecuador. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 29(8), 484–491. <https://bioone.org/journals/AMBIO-A-Journal-of-the-Human-Environment/volume-29/issue-8/0044-7447-29.8.484/Environmental-Impact-of-Small-scale-and-Artisanal-Gold-Mining-in/10.1579/0044-7447-29.8.484.short>

Herrera, G., Carrión, P., Morante, F., Herrera N, G., Briones, J., & Blanco, R. (2020). Strategies for the development of the value of the mining-industrial heritage of the Zaruma-Portovelo, Ecuador, in the context of a geopark project. *International Journal of Energy Production and Management*, 5(1), 48–59. <https://doi.org/10.2495/EQ-V5-N1-48-59>

Herrera Narváez, G., Paz Salas, N., Carrión, P., Domínguez Cuesta, M. J., & Berrezueta, E. (2022). Proyecto Geoparque Ruta del Oro (Ecuador): situación actual de la propuesta. *Geotemas (Madrid)*, 19, 73–76.

Ivanova, E., & Masarova, J. (2013). Importance of road infrastructure in the economic development and competitiveness. *Economics and Management*, 18(2), 263–274.

Jarzyna, A., Bąbel, M., Ługowski, D., & Vladi, F. (2023). Anhydrite Weathering Zone with Hydration Caves at Dingwall (Nova Scotia, SE Canada) as a Potential Geosite and Geodiversity Site. *Geoheritage*, 15(2). <https://doi.org/10.1007/s12371-023-00797-x>

Jorba, M., & Vallejo, R. (2008). The ecological restoration of quarries: a case with application of organic amendment and irrigation | La restauración ecológica de canteras: un caso con aplicación de enmiendas orgánicas y riegos. *Ecosistemas*, 17(3), 119–132.

Lai, F., Beylot, A., Navarro, R., Schimek, P., Hartlieb, P., Johansson, D., Segarra, P., Amor, C., & Villeneuve, J. (2021). The environmental performance of mining operations: Comparison of alternative mining solutions in a life cycle perspective. *Journal of Cleaner Production*, 315, 128030. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128030>

Lavayen, L. (2017). *Inventario Forestal*.

Ley de Minería (2009).

Listado Nacional Sustancias Químicas Peligrosas Desechos Peligrosos (2012).

Loaiza Salazar, C. (2022). Lista actualizada de las cactáceas del Ecuador Continental: diversidad, distribución y notas sobre su estado de conservación. CEDAMAZ.

Lyle León, C. E. (2022). Optimización para extracción y explotación artesanal de material pétreo, El Tambo, Santa Elena, Ecuador. *Investigación y Desarrollo*, 16(1).

Martínez, M. R., Rubio, E., & Palacios, C. (2009). Terrazas.

MAVIC 2. (2018). Disclaimer and safety guidelines. <https://www.dji.com/global/downloads/products/mavic-2#app>

Medina Carrasco, E. S., & Coral Ygnacio, M. A. (2022). Una revisión de procesos de implementación para sistemas de riego automatizado. *ReCIBE, Revista Electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, 11(1), C1-19. <https://recibe.cucei.udg.mx/index.php/ReCIBE/article/view/216/182>

Mestanza-Ramón, C., Cuenca-Cumbicus, J., D’Orio, G., Flores-Toala, J., Segovia-Cáceres, S., Bonilla-Bonilla, A., & Straface, S. (2022). Gold mining in the Amazon Region of Ecuador: History and a review of its socio-environmental impacts. *Land*, 11(2), 221. <https://www.mdpi.com/2073-445X/11/2/221>

Milgrom, T. (2008). Environmental aspects of rehabilitating abandoned quarries: Israel as a case study. *Landscape and Urban Planning*, 87(3), 172–179. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.06.007>

Ministerio del Ambiente. (2012). *Especies Forestales Bosques Secos Ecuador*. [https://enf.ambiente.gob.ec/web\\_enf/documentos/especiesForestalesBosqueSeco.pdf](https://enf.ambiente.gob.ec/web_enf/documentos/especiesForestalesBosqueSeco.pdf)

Ministerio del Ambiente. (2020). Línea de Base Nacional para la Minería Artesanal y en Pequeña Escala de Oro en Ecuador, Conforme la Convención de Minamata sobre Mercurio. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/06/NAP-Inventario-de-Mercurio-Ecuador.pdf>

Montero, J., Otaño, J., & Guerrero, D. (2016). Procedimiento para el cierre de canteras de materiales para construcción en Cuba. *Minería y Geología*, 32(1), 106–120.

Montero Matos, J., Restrepo Baena, O. J., & Otaño Nogel, J. (2017). Cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción en Cuba. *Minería y Geología*, 33(4), 441–455.

Moreno Alcivar, L. C. (2022). Identificación de tipos de deslizamientos en la zona de acantilados entre Ancón y Anconcito, Santa Elena, Ecuador. *Manglar*, 19(3), 247–255. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2022.031>.

Moyano, J. H., Cenci, K. M., & Ardenghi, J. R. (2020). Arquitectura Cliente-Servidor de Alto Rendimiento para servicio RTK. XXVI Congreso Argentino de Ciencias de La Computación (CACIC)(Modalidad Virtual, 5 al 9 de Octubre de 2020). <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/114094>

Narvaez, L. (2017). Vías terciarias: Motor del desarrollo económico rural. *Revista de Ingeniería*, 45, 80–87.

Neri, A. C., & Sánchez, L. E. (2010). A procedure to evaluate environmental rehabilitation in limestone quarries. *Journal of Environmental Management*, 91(11), 2225–2237. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.06.005>

Nesticò, A., D'Ambrosio, G., Ghisellini, P., Maselli, G., & Ulgiati, S. (2024). Environmental reclamation of limestone mining sites in Italy: Financial evaluation, challenges and proposals for sustainable development. *Resources Policy*, 89. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104534>

Nilsson, T. U. (2020). How to reduce landslides by preventive actions. *Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development*, 871–878.

Nirmala, C., & Sridevi, M. (2021). Ethnobotanical, phytochemistry, and pharmacological property of *Waltheria Indica* Linn. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 7(1), 14.

ONU. (2015). Agenda 2030. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cb30a4de-7d87-4e79-8e7a-ad5279038718/content>

Onur Aykut, N., Güllal, E., & Akpınar, B. (2015). Performance of single base RTK GNSS method versus network RTK. *Earth Sciences Research Journal*, 19(2), 135–139. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/esrj/article/view/51218/54159>

Pathak, K. (2011). Mine closure planning: Concepts and concerns. *Journal of Mines, Metals and Fuels*, 59(9).

Peñaranda Barba, M. A., Alarcón Martínez, V., Gómez Lucas, I., & Navarro Pedreño, J. (2021). Mitigation of Environmental Impacts in Ornamental Rock and Limestone Aggregate Quarries in Arid And Semi-arid Areas. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 7(4), 565–586.

Pistarelli, M., Pire, T., & Kofman, E. (2019). Caracterización de un sistema GPS RTK de bajo costo. *Revista Tecnología y Ciencia*, 35, 94–107.

Plaza Behr, M., Pérez, C., Goya, J., & Arturi, M. (2021). Survival and growth of *Celtis tala* Gillies ex Planch in the ecological rehabilitation of abandoned shell quarries | Supervivencia y crecimiento de *Celtis tala* Gillies ex Planch en la rehabilitación ecológica de canchillas abandonadas. *Ecología Austral*, 31(2), 251–260. <https://doi.org/10.25260/EA.21.31.2.0.1340>

Polster, D. F. (2003). Soil bioengineering for slope stabilization and site restoration. *Mining and the Environment*, 3, 25–28.

Porshnov, D., Burlakovs, J., Kriipsalu, M., Pilecka, J., Grinfelde, I., Jani, Y., & Hogland, W. (2019). Geoparks in cultural and landscape preservation context. *RESEARCH FOR RURAL DEVELOPMENT*, 1.

Reyes, J., Godoy, A., & Realpe, M. (2019). Use of Open Source Software in multispectral drone imagery registration for agriculture | Uso de software de código abierto para fusión de imágenes agrícolas multiespectrales adquiridas con drones. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2019-July*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.254>

Romero-Benavides, J. C., Guaraca-Pino, E., Duarte-Casar, R., Rojas-Le-Fort, M., & Bailon-Moscoso, N. (2023). *Chenopodium quinoa* Willd. and *Amaranthus hybridus* L.: Ancestral Andean Food Security and Modern Anticancer and Antimicrobial Activity. *Pharmaceuticals*, 16(12), 1728. <https://www.mdpi.com/1424-8247/16/12/1728>

Ruban, D. A., Mikhailenko, A. V., & Ermolaev, V. A. (2024). Temporal outline of geological heritage sites in the Western Caucasus. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 12(2), 295–310.

Segui, P., Safhi, A. el M., Amrani, M., & Benzaazoua, M. (2023). Mining wastes as road construction material: A review. *Minerals*, 13(1), 90.

Silva Ontiveros, L. O., & Salazar, M. T. S. (2021). Mine Close down and Abandonment of Mining Sites in México: A "Normal" process? References to Northern Mexico | Cierre de minas y abandono de sitios mineros en México: ¿un proceso "normal"? Referencias al norte de México. *Investigaciones Geograficas*, 106. <https://doi.org/10.14350/rig.60426>

Skowronek, E., Brzezińska-Wójcik, T., & Kociuba, W. (2024). How to Create a Geocultural Site's Content—Huta Różaniecka Case Study (SE Poland). *Sustainability (Switzerland)*, 16(5). <https://doi.org/10.3390/su16052193>

Suhatri, M., Osman, N., Azura Sari, P., Shariati, M., & Marto, A. (2019). Significance of Surface Eco-Protection Techniques for Cohesive Soils Slope in Selangor, Malaysia. *Geotechnical and Geological Engineering*, 37(3), 2007–2014. <https://doi.org/10.1007/s10706-018-0740-3>

Talab, S. A., Hussain, A. I., & Salih, S. A. (2023). Evaluation of Selected Geosites between Makhul and Khanuqa Anticlines, Northern Salah Al-Din, Iraq. *The Iraqi Geological Journal*, 326–340.

Tan, J. F., Sevilla, M. E. P., Contreras, J. J. M., Cortes, M. Y., Lacanilao, R. S. T., & Rosales, K. A. R. (2024). WEATHERED MARBLE AS AN ALTERNATIVE EMBANKMENT MATERIAL FOR ROADWAY DEVELOPMENT IN NORZAGARAY, BULACAN. *International Journal of GEOMATE*, 26(118), 33–40. <https://doi.org/10.21660/2024.118.4300>

Tazzini, A., Gambino, F., Casale, M., & Dino, G. A. (2024). Managing Marble Quarry Waste: Opportunities and Challenges for Circular Economy Implementation. *Sustainability*, 16(7), 3056. <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/7/3056>

Valeriano, Z. (2023). Análisis comparativo de políticas de cierre de minas y reparación de pasivos ambientales en el Estado Plurinacional de Bolivia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 4483–4508.

Vellemu, E. C., Katonda, V., Yapuwa, H., Msuku, G., Nkhoma, S., Makwakwa, C., Safuya, K., & Maluwa, A. (2021). Using the Mavic 2 Pro drone for basic water quality assessment. *Scientific African*, 14, e00979. <https://doi.org/10.1016/J.SCIAF.2021.E00979>

Vijay, Saini, A. K., Banerjee, S., & Nigam, H. (2020). An IoT instrumented smart agricultural monitoring and irrigation system. *2020 International Conference on Artificial Intelligence and Signal Processing (AISP)*, 1–4. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/AISP48273.2020.9073605>

Willems, B., Leyva-Molina, W.-M., Taboada-Hermoza, R., Bonnesoeur, V., Román, F., Ochoa-Tocachi, B. F., Buytaert, W., & Walsh, D. (2021). Impactos de andenes y terrazas en el agua y los suelos: ¿qué sabemos. *Resumen de Políticas, Proyecto "Infraestructura Natural Para La Seguridad Hídrica"*, Forest Trends, Lima, Perú.

Worlanyo, A. S., & Jiangfeng, L. (2021). Evaluating the environmental and economic impact of mining for post-mined land restoration and land-use: A review. *Journal of Environmental Management*, 279. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111623>

Zhang, Y., Korkiala-Tanttu, L. K., & Borén, M. (2019). Assessment for sustainable use of quarry fines as pavement construction materials: part II-stabilization and characterization of quarry fine materials. *Materials*, 12(15), 2450. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ma12152450>

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 