



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“REVEGETACIÓN EN EL PLAN DE CIERRE PARA LA  
MEJORA DE LA CALIDAD DEL SUELO - MINERA  
PIERINA, HUARAZ 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniera Ambiental**

**Autor:**

Alexandra Steffany Zumaran Caro

**Asesor:**

Ing. Ronald Antonio Alvarado Obeso  
<https://orcid.org/0000-0001-7264-6490>  
Trujillo - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	M. Sc. Marieta Eliana Cervantes Peralta	<b>29425048</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

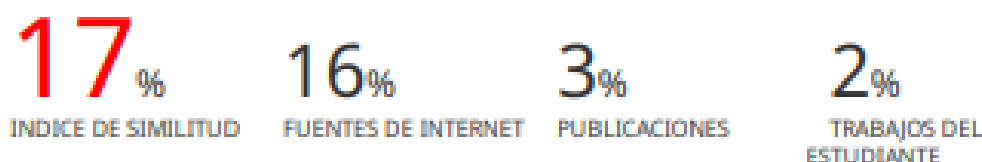
Jurado 2	Ing. Dr. Fernando Enrique Ugaz Odar	<b>18098186</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Ing. Elvar Renato Miñano Mera	<b>18130961</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### TESIS ALEXANDRA

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.uncp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.lamolina.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>bdigital.zamorano.edu</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>core.ac.uk</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.una.edu.ni</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.unsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.ug.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>dspace.ups.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.unfv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

## **DEDICATORIA**

A mis padres por el constante e incondicional apoyo que me han ofrecido en todas las etapas de mi existencia como estudiante, en donde me enseñaron a trabajar con esfuerzo y dedicación para cumplir las metas trazadas a corto y largo plazo, por los valores inculcados; que hicieron posible la culminación exitosa de la presente investigación.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios por permitirme llegar hasta este momento de mi vida. A todas las personas que confiaron en mí y nunca dudaron de mi capacidad para la realización y término de esta investigación.

A la Universidad Privada del Norte por darme la oportunidad de formarme como profesional.

A los profesores de la facultad de Ingeniería Ambiental por el apoyo absoluto en todo el tiempo que duró mi estadía como estudiante.

## INDICE GENERAL

JURADO CALIFICADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	27
CAPÍTULO III: RESULTADOS	35
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	62
REFERENCIAS	66
ANEXOS	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Dosificación de cal según área de trabajo	37
Tabla 2.	Resultados de análisis de suelo – Mina Pierina, Huaraz.	38
Tabla 3.	Ratio de gallinaza según área de trabajo	42
Tabla 4.	Ratio de avena forrajera según área de trabajo	43
Tabla 5.	Ratio de semillas según área de trabajo	44
Tabla 6.	Contenido nutricional del estiércol de bovino comparado con la gallinaza.	56
Tabla 7.	Operacionalización de variables	70
Tabla 8.	Matriz de Consistencia	72
Tabla 9.	Análisis de suelo Parcela 1 – 5 tn/ha	73
Tabla 10.	Análisis de suelo Parcela 2 – 4.5 tn/ha	73
Tabla 11.	Análisis de suelo Parcela 3 – 3.5 tn/ha	74
Tabla 12.	Ficha técnica de Ca(OH) <sub>2</sub>	77
Tabla 13.	Categoría de suelos de acuerdo con el pH	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación del depósito de desmonte Suroeste	28
Figura 2.	Plano de población y muestra del depósito de desmonte Suroeste	31
Figura 3.	Plano de curvas de nivel del depósito de desmonte Suroeste	32
Figura 4.	Incorporación de capa alcalina de 0.10 kg por 1m <sup>2</sup>	36
Figura 5.	Incorporación y tendido de Top Soil	37
Figura 6.	Incorporación de Ca(OH) <sub>2</sub> en cada parcela	38
Figura 7.	Dosificación óptima de Ca(OH) <sub>2</sub>	41
Figura 8.	Incorporación de gallinaza	42
Figura 9.	Siembra de avena forrajera	43
Figura 10.	Remoción de top soil para cubrir avena forrajera	43
Figura 11.	Mezcla de semillas	44
Figura 12.	Siembra de semillas mezcladas	45
Figura 13.	Tapado de semillas con rastrillo	45
Figura 14.	Ruta desde el acopio de top soil al depósito	46
Figura 15.	Depósito de acopio TS-06A de suelos orgánicos	47
Figura 16.	Encalado manual de suelos orgánicos	49
Figura 17.	Colocación de Ca(OH) <sub>2</sub> en el top soil	52
Figura 18.	Colocación de Ca(OH) <sub>2</sub> en el topsoil por pilas	53
Figura 19.	Tiempo tardado en los tipos de encalado	53
Figura 20.	Medición de pH de suelo in situ	54
Figura 21.	Preparación de Terreno	55
Figura 22.	Siembra de avena forrajera al voleo	57



Figura 23.	Mezcla de semillas	59
Figura 24.	Germinación de semillas en el Panel Test	60
Figura 25.	Germinación de semillas en el área de trabajo	61
Figura 26.	Especies nativas germinadas	61
Figura 27.	Área de trabajo antes de la revegetación	79
Figura 28.	Área de trabajo durante la revegetación	79
Figura 29.	Área de trabajo después de la revegetación	80

## RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo verificar la posibilidad de mejorar la calidad del suelo mediante la revegetación del Plan de Cierre en la Minera Pierina, Huaraz, rehabilitando el terrero debido a los cambios e impactos negativos que éste ha sufrido en sus propiedades químicas, a consecuencia de las actividades mineras desarrolladas con anterioridad. Esta investigación es de tipo aplicada, explicativa de diseño cuasi - experimental, con un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo). Por otro lado, las técnicas de recolección de datos se realizaron mediante la revisión de información (especificación técnica para coberturas PR007019-112-11-0-0-14-SPC-0001 de MBP), utilizando programas de manejo de datos para recopilación y proceso de información en cuadros estadísticos. Se obtuvo como resultados, en base a lo ejecutado en campo, que la dosis óptima de  $\text{Ca(OH)}_2$  para el desarrollo de la vegetación es  $4.5 \text{ tn. ha}^{-1}$  ó  $0,45 \text{ kg. m}^{-2}$  concordando con los cálculos realizados en gabinete. Además, se determinó que el encalado mecanizado en el acopio de top soil se optimizaba en el tiempo de mezclado frente a las demás alternativas. Finalmente, se realizó la aplicación de gallinaza en el terrero debido a que ésta contaba con un mayor aporte nutricional en comparación con otros abonos orgánicos, teniendo como resultado un 90% de germinación de especies.

**PALABRAS CLAVES:** Revegetación, encalado de suelos, abono orgánico, impacto ambiental, especies nativas, top soil.

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, las diversas actividades económicas forman parte de un mundo globalizado, el cual busca constantemente el desarrollo y su máximo crecimiento económico. Es por eso, que actividades como la agricultura, pesca y la minería generan millonarias cifras de ganancias por exportación alrededor del mundo, siendo la última de estas actividades, quien ha generado todo un mercado mundial con alta demanda cuyo valor aumenta diariamente en el mercado. Por lo tanto, la minería es considerada la principal actividad que impulsa la economía en el Perú.

Según el Ministerio de Energía y Minas, el Perú se ubica entre los primeros países productores de cobre, plomo, plata, hierro y zinc, esto representa un número significativo en las exportaciones de minerales y en la generación de empleo; sin embargo, la minería es también el origen de daños notorios en el ambiente. Según la revista Tiempo Minero (2021), se considera un daño ambiental cuando se produce un desgaste, disminución o degradación de uno o más de los principales recursos naturales, entre estos, tenemos la alteración de calidad del aire, alteración a la calidad del agua, alteración de la calidad del suelo, afectación a la fauna y flora, deforestación de bosques y disposición final inadecuada de los residuos producidos en los procesos mineros.

Farfán (2018) afirma que la minería ha estado presente desde tiempos remotos en el Perú, a pesar de ello, con el pasar del tiempo y con el progreso de la tecnología esta actividad ha generado cada vez más impactos negativos al medio ambiente, consiguiendo ubicarse como una de las actividades más referentes en la provocación de la pérdida de suelos.

Asimismo, Farfán (2018) muestra que los impactos más graves en el suelo por la minería se dan como resultado de su desaparición o cambios profundos causados por la

ocurrencia de varios contaminantes que de alguna manera se depositan en el suelo. Esto puede ocurrir como resultado de la deposición de partículas, la descarga directa de productos líquidos de las operaciones mineras y metalúrgicas, la infiltración de productos lixiviados en el entorno minero o la disposición superficial de las operaciones mineras, como desmonteras u otras estructuras contaminantes.

Xiong (2016) afirma que para la recuperación de suelos se cuenta con técnicas de estabilización in situ que no perturban el medio ambiente y garantizan la preservación de su calidad, aunque no requieren una descontaminación estricta. Entre estas técnicas se encuentra la llamada regeneración natural asistida, o decaimiento, que se basa en varias técnicas que mejoran la ocurrencia natural en el suelo y promueven la estabilización de los contaminantes a través de enmiendas. Por otro lado, el crecimiento de vegetación inducida o natural en suelo modificado también es beneficioso para su recuperación.

Garcia (2015) testifica que los ecosistemas severamente degradados requieren programas de restauración para rehabilitar la función y la resiliencia del ecosistema a través de técnicas de gestión agronómica intensiva como la replantación, el riego, la adición de nutrientes y el encalado. La revegetación puede ayudar a los ecosistemas a recuperarse; sin embargo, los ecosistemas que no están demasiado perturbados tienen la capacidad de regenerarse naturalmente, mientras el sitio esté inactivo; sin embargo, este proceso es muy lento y está limitado por eventos ambientales que amenazan el asentamiento y el crecimiento; por lo que, la creación de vegetación artificial es un proceso más rápido, debido a que se reduce el tiempo para el proceso de crecimiento de la planta; además, se agregan nutrientes para impulsar su crecimiento, debido a su alta disponibilidad para las plantas, restableciendo así las propiedades fisicoquímicas y las condiciones ecológicas del suelo.

García (2015) afirma que los suelos de la parte sierra del país se consideran suelos andinos, los cuales se ven perturbados por alguna disminución del pH, lo que aumenta la acidez y provoca deficiencia de nutrientes, debido a que el pH afecta el estado de oxidación de los elementos y la respuesta microbiana a la solubilidad de los procesos biológicos, la transformación y disponibilidad de los elementos; por lo cual, es necesario utilizar cambios y adicionar nutrientes a través de abonos orgánicos. Por otro lado, García (2015) también asegura que otro factor a considerar al momento de restaurar un área es el tipo de semilla a utilizar, idealmente especies nativas que soporten disturbios en áreas degradadas versus especies exóticas, debido a que son más capaces de adaptarse al medio ambiente y a los factores estresantes existentes, tolerando la baja disponibilidad de nutrientes.

Siguiendo el contexto, debido a los trabajos de explotación y otras actividades mineras, en todas las minas se realiza un plan de cierre. Según la revista Tiempo Minero (2021) el cierre de mina se considera una actividad que tiene como objetivo restaurar un área impactada por la explotación minera después del final de los procesos y actividades; por lo tanto, en el cierre de cualquier empresa minera, se busca de que el área en la que operan sea compatible con un ambiente sano y habitable, es decir, se trata de dejar el terreno como lo encontraron antes de empezar a realizar actividades en el área.

Para las instituciones y las organizaciones financieras internacionales, la importancia de la planificación del cierre de mina se ha vuelto más importante con el tiempo, ya que se ha identificado que algunas operaciones mineras pasadas causaron problemas a las comunidades locales y altos costos de limpieza ambiental para los contribuyentes; por lo tanto, las nuevas minas hoy en día deben tener un plan de desmantelamiento aprobado antes de comenzar a explotar, ya que este es un requisito en sus licencias y permisos. Además, la

mayoría de los gobiernos requieren que las minas existentes desarrollen planes de cierre para mantener o renovar las licencias de operación. (Bingham, 2021)

Es por ello, que el cierre planificado de las minas y el post-cierre ayuda a evitar o minimizar los impactos ambientales, físicos, sociales y económicos negativos a largo plazo, dejando un terreno más estable, seguro y utilizable. Además, el cierre debe incluir la identificación de oportunidades y beneficios potenciales para el desarrollo local y el bienestar de la comunidad y el ecosistema circundantes. (Morales & Domas, 2020)

Pinos (2022) en su tesis denominada “Calidad del suelo a partir de indicadores físicos y químicos aplicado a tres usos de suelo para la generación de propuestas de gestión por impactos en el suelo por acciones antrópicas en el bosque y vegetación protectores de Sunsun – Yanasacha”. El objetivo de este estudio fue determinar la calidad del suelo y la vegetación existente en el bosque protectores Sunsun Yanasacha utilizando indicadores físicos y químicos. El estudio se llevó a cabo mediante un procedimiento experimental en el que se realizó un análisis cualitativo de diferentes usos del suelo. Como resultado, el análisis muestra que, para indicadores físicos, la textura es franco limoso en la zona de páramo y arcillosa en la zona de cultivo y ganadería; el color del suelo es gris oscuro en la zona de páramo y marrón grisáceo en la zona de cultivo y ganadería. En el análisis químico, la determinación del pH revela una variación de un suelo moderadamente ácido a un suelo muy ácido, el pH del páramo es de 5.2, y en la zona de cultivo, el pH óptimo para el crecimiento de pastos, hortalizas y plantas es de 5.88, considerando que el pH del suelo es moderadamente ácido, igual que en la zona ganadera con un valor de pH de 5.9. De esta manera, se crearon alternativas adecuadas para el correcto manejo sostenible y sustentable de los suelos.

Gonzales (2013) en su tesis denominada “Evaluación de la calidad del suelo para diferentes usos y cubiertas vegetales en la ladera Este de Cerro Grande, comunidad Dexcani Alto, municipio de Jilotepec”. El objetivo fue determinar la calidad del suelo con respecto a su uso y cobertura vegetal, en la ladera este, de la comunidad de Dexcani Alto, municipio de Jilotepec, en base a parámetros físicos y químicos del suelo. Los métodos utilizados en el estudio se consideran semicuantitativos, ya que incluyeron datos recolectados en campo, que inicialmente indicaron un panorama general de las características del perfil del suelo que podrían ser refinados en un sentido más preciso durante el procesamiento en el laboratorio. Los resultados mostraron que los cambios en el uso del suelo afectaron más o menos sus propiedades y funciones, a medida que aumentaba la utilización de este.

Farfán (2018) en su tesis denominada “Identificación de suelos contaminados por minería en Caylloma, Arequipa referente a estudios geoquímicos y estándares de calidad ambiental”. El objetivo de este estudio fue determinar la contaminación del suelo afectado por la minería en la provincia de Kailoma con base en estudios geoquímicos y estándares de calidad ambiental. El estudio tiene un diseño no experimental descriptivo. El sitio de investigación escogido fue la provincia de Cailom en Arequipa por ser una zona muy utilizada; para ello, se identificaron dos áreas de estudio, cada una de las cuales identificó áreas de potencial interés, se realizó un muestreo de identificación dentro de estas API y un muestreo de fondo en áreas similares, pero no afectadas por la minería. Primero, se compararon los resultados con el ECA del suelo y se superó el nivel de arsénico y luego se compararon los resultados con el nivel de fondo a partir del cual se observó que el valor registrado es similar y se concluyó que el suelo tiene una alta concentración de arsénico de origen natural. Finalmente, se encontró que los sitios analizados en el área de estudio 1

fueron perturbados por la minería, pero en términos de la calidad del medio ambiente del suelo, no hay perturbaciones importantes que afecten la calidad general de este.

Carhuaricra (2019) en su tesis denominada “Plan de cierre de minas en la Concesión Minera Huáscar 4 de la empresa Travertinos Leyva S.A.C. distrito de Yanacancha, Junín 2018”. Esta investigación tuvo como objetivo aplicar la normativa minera D.S. N° 033-2005 EM al Plan de Cierre de Minas en la Concesión Minera Huáscar 4 de la Empresa Travertinos Leyva S.A.C, Distrito de Yanacancha, Junín 2018, para tratar de reducir el impacto ambiental que se produce durante la ejecución, mantenimiento y seguimiento del proyecto. Esto demuestra que la empresa está comprometida con la protección de nuestro medio ambiente. El tipo de investigación es no experimental y descriptiva. Finalmente, se concluyó que, en el futuro, además del uso efectivo de la aplicación de los planes de cierre, los planes de cierre de minas también podrán ser utilizados para cumplir con cualquier procedimiento establecido en la normatividad vigente, donde posiblemente las áreas perturbadas se resolverán de inmediato.

Meneses (2020), en su tesis denominada “Cierre de minas de carbón en el Perú y su influencia en la contaminación ambiental en Goyllarisquizga”. El objetivo de este estudio fue evaluar la contaminación del agua, el aire y el suelo durante los períodos inicial y posteriores del cierre de la mina y analizar el impacto ambiental de estos métodos de cierre en el área de la mina. El tipo de investigación utilizada en esta tesis es no experimental, transversal, que trata de recolectar datos que corresponden a un momento específico y permite la interpretación de una situación específica. Finalmente, se concluyó que la relación obtenida a partir de los datos analizados permitió determinar que esta contaminación ha disminuido, en promedio, encontrándose el mayor impacto en la acidez y partículas de suspensión en el agua; también se observa la disminución de presencia de contaminantes



dañinos como arsénico y plomo en el agua de las quebradas Azalia y Pucará, lo que indica que la tecnología de estabilización de suelos en el área minera ha sido exitosa.

Xiong (2016), en su investigación denominada “Recuperación y rehabilitación de suelos contaminados con elementos traza mediante la aplicación de enmiendas y el establecimiento de una cubierta vegetal natural o de una planta de crecimiento rápido (*Paulownia fortunei*)”. En la presente investigación los principales objetivos fueron determinar el estado de las propiedades químicas y bioquímicas del suelo y estudiar a vegetación espontánea, centrándose en la biomasa, la cobertura vegetal y la concentración de elementos traza en las partes aéreas de las plantas. Este trabajo es un diseño experimental, aplicado. Por otro lado, se realizaron dos experimentos de remediación natural de suelos contaminados por trazas, uno en condiciones de campo y otro en contenedores al aire libre. El experimento de campo se realizó en una parcela de suelo ácido (20 x 50 m) contaminada con As, Cd, Cu, Zn y Pb, la cual se dividió en 12 parcelas pequeñas de 7 x 8 m, cada una de 1 m de largo y 2 m de ancho entre ellas. La aplicación de enmiendas redujo los valores promedio de Cd, Cu y Zn disponibles en los suelos contaminados. Al final del experimento, las propiedades químicas y bioquímicas del suelo habían mejorado en los tres tratamientos y había disminuido la "disponibilidad" de elementos traza. Los resultados obtenidos muestran que el uso combinado de *P. fortunei* y la adición de enmiendas orgánicas al suelo podría ser una estrategia factible para la restauración de áreas contaminadas con elementos traza bajo un clima mediterráneo y fomentar su beneficio económico.

Cangahuala (2021), en su tesis denominada “Evaluación del componente flora en la línea base y propuesta del Plan de Revegetación del Plan de Manejo Ambiental en Sechura – Piura”. El objetivo de este estudio fue describir y analizar los datos evaluados en los componentes de la flora para desarrollar una línea de base biológica para un estudio de

impacto ambiental semidetallado del proyecto del parque eólico Piura en Perú. Este trabajo es de tipo descriptivo. El estudio determinó la biodiversidad existente y el grado de protección de partes boscosas y vegetación secundaria en el área donde se implementará el proyecto. Con base en los resultados, se propuso un plan de remediación como parte del plan de gestión ambiental de la empresa para reducir y compensar pérdidas potenciales durante la construcción, operación y cierre de proyectos en el área. Finalmente, se concluyó que el estudio y análisis de la composición florística contribuye a la comprensión de la estructura de los bosques; y es fundamental para la toma de decisiones sobre el manejo y conservación de los recursos, pero también ayuda a restaurar áreas degradadas de la actividad económica relacionada con la energía.

Alzamora (2018), en su tesis denominada “Revegetación y reforestación en áreas afectadas por la minería en la localidad de Hualgayoc, Cajamarca”. El presente trabajo tiene como objetivo detallar el proceso de restauración de las áreas perturbadas por las actividades productivas de la Compañía Minera Coimolache en la región de Hualgayoc de la provincia de Cajamarca, con el fin de restaurar estas superficies. Se completaron las medidas de remediación de suelos tales como revegetación con especies nativas y exóticas, control de erosión y estabilidad de taludes en el área de servicio, cierre de taludes de cubierta empinada y revegetación utilizando sistemas y componentes de geomallas (geoweb). Los mineros utilizan geosintéticos como capas de impermeabilización y drenaje. Finalmente, como resultado y conclusión, se regeneraron 59.4 hectáreas con pastos nativos y exóticos; asimismo, se sembraron 17.531,62 metros lineales en Ceticios y Quinales, los cuales se encargan de estabilizar el suelo y reducir el índice de escorrentía.

García (2015), en su tesis denominada “Influencia de la revegetación con *Festucahumilior* y la incorporación de fertilizantes en la recuperación de pastizales

degradados”. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de la revegetación de “festuca” en la mejora del estado ecológico a través de la adición e interacción de nutrientes y cal sobre la biomasa resultante y la cubierta vegetal. Esta investigación es de tipo experimental aplicada. Este estudio es un experimento aplicado con 3 tratamientos y 1 control: adición de nitrógeno, fósforo y cal utilizando un diseño de bloques factorial  $4 \times 4$  con error de muestreo. Se analizaron las respuestas de alimentación y producción de “festuca”, obteniéndose los mejores resultados utilizando NP para la producción de biomasa y vegetación ( $P < 0.05$ ); confirmó la ausencia de los elementos antes mencionados en suelo degradado, mientras que el uso de NP y NP-cal Efecto positivo ( $P < 0.05$ ) sobre el número de semillas y la fertilidad, mejoró la productividad de hojas y semillas. Se concluyó que la adición de nutrientes era esencial para una revegetación exitosa, por otro lado, se encontró que los efectos del calcio eran duraderos.

Calderón & Andrés (2018), en su tesis denominada “Efecto de dos tipos de cal en el pH del suelo y en la producción de sorgo sureño, Zamorano, Honduras”. El presente estudio tuvo como objetivo comparar el efecto de dos fuentes de cal hidratada (del norte y centro de Honduras) y una fuente de cal dolomita sobre el pH del suelo y el rendimiento, en un suelo franco arenoso fuertemente ácido, para producción comercial de sorgo sureño para forraje. Con respecto a la metodología el diseño de la tesis es experimental. Se aplicaron tres dosis de cada cal 1, 1.7 y 2.5 tn/ha y el testigo sin cal, con cuatro repeticiones cada tratamiento. Se evaluó el cambio en pH del suelo a los 40 y 80 días de la aplicación, altura y peso de planta, diámetro del tallo, peso de panoja del sorgo a la cosecha y rendimiento, además de un análisis económico. Se realizó un análisis de varianza y separación de medias por Duncan con un modelo lineal general GLM, usando el programa SAS® 9.4. Finalmente, se concluye que las cales hidratada y dolomita incrementaron el pH del suelo en todas las dosis aplicadas.

Cantarero & Martínez (2002), en su tesis denominada “Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno, y un fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Variedad NB-6”. Este trabajo es de diseño experimental. En la presente investigación se tuvo como objetivo la evaluación del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), ante la aplicación de tres fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno y un fertilizante mineral de la fórmula 18-46-0). Las dosis utilizadas fueron calculadas a partir de los requerimientos del cultivo y apoyados en un análisis de suelo realizado previo a la siembra, de tales resultados se aplicaron las dosis de 2772,84 y 1386,42 kg/ha de gallinaza, 2303,59 y 1151,79 kg/ha de estiércol y para el fertilizante mineral las dosis de 249,56 y 124,78 kg/ha respectivamente. Las parcelas experimentales tuvieron un tamaño de 20 m<sup>2</sup>, concluyendo que los mejores resultados en cuanto al rendimiento agrícola, así como la mayor tasa de retorno marginal, se obtuvieron con la aplicación de 2772,84 kg/ha de gallinaza obteniéndose un rendimiento de 5848,86 kg/ha, y una tasa de retorno marginal de 662 %.

El estudio actual es esencial para identificar mejoras en la calidad del suelo. El propósito de esta investigación fue la evaluación del impacto de la adición de nutrientes y encalado en el Plan de Cierre de la Minera Pierina y el crecimiento vegetativo de especies nativas, para recuperar el estado ecológico del área; asimismo, generar una conciencia ambiental a todas las empresas asociadas a la minería, para tratar de minimizar los impactos de sus acciones al momento de la extracción de mineral y otros procesos mineros, velando por la salud y seguridad de sus trabajadores; y de los pobladores habitantes de la zona.

## **Definiciones conceptuales**

### **Minería**

La minería es una actividad basada en la extracción de recursos naturales no renovables (rocas y minerales). Estos pueden ser minerales metálicos como cobre, oro, plata, hierro, etc. o minerales no metálicos. Los yacimientos minerales son lugares donde se concentran los minerales de interés, pero junto con otros elementos de los que se pueden extraer económicamente. El grupo de minerales de los que se pueden extraer uno o más metales se denomina mena, mientras que el término "ganga" se refiere al grupo de minerales inutilizables que se desechan cuando se extrae la mena del yacimiento. (Corcuera, 2016, p.7)

### **Impacto Ambiental**

Los impactos ambientales son cambios ambientales causados directa o indirectamente por proyectos o actividades en un área determinada. En pocas palabras, los impactos ambientales son cambios causados por influencias naturales o provocadas por el hombre en el medio ambiente. (Gestión en Recursos naturales, 2018, p.1)

### **Suelo**

El suelo se compone de minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Es una capa delgada que se forma muy lentamente durante siglos a medida que las rocas superficiales se disuelven por el agua, los cambios de temperatura y el viento. Las plantas y los animales que crecen y mueren en y sobre el suelo son descompuestos por microorganismos, convertidos en materia orgánica y mezclados con el suelo. (FAO, 2020, p.1)

## **Cierre de Minas**

Tiempo Minero (2021) indica que el propósito de esta operación es restaurar la minería en el área una vez que se complete la operación. El objetivo principal de este trabajo es lograr que el área de uso operativo sea compatible con un ambiente sano y adecuado para el desarrollo de la vida. De hecho, esta fase operativa puede durar muchos años, ya que se estima que el sitio tardará al menos 5 años en recuperarse después del cierre. Esta herramienta de gestión ambiental consiste en actividades técnicas y legales realizadas por los titulares de las operaciones mineras. Además, se prevé tomar las medidas necesarias antes, durante y después de la operación con el fin de prevenir, reducir y controlar el impacto negativo del proyecto.

### **Etapas de un cierre de minas**

#### **Cierre de la operación**

Tiempo Minero (2021) afirma que el cierre de la operación es cuando cesa la producción o se abandona un proyecto minero, una pequeña parte de la fuerza laboral permanece en el sitio para cerrar permanentemente las operaciones mineras.

#### **Desmantelamiento**

Durante esta etapa se desmantelan o derriban equipos e instalaciones mineras. Asimismo, se vacían oleoductos, se limpia y vende maquinaria para la venta, se reutilizan o derriban edificios, se recuperan materiales de los almacenes y se eliminan residuos. (Tiempo Minero, 2021, p.1)

## **Recuperación y rehabilitación de áreas**

Tierras y ríos restaurados a un nivel aceptable de uso productivo (suelo y estructuras estabilizadas, calidad del agua a un nivel aceptable). La restauración incluye la eliminación de materiales peligrosos, la remodelación del perfil del terreno, la restauración de la capa superior del suelo y la plantación de césped, árboles o vegetación natural. (Tiempo Minero, 2021,p.1)

### **Etapa posterior al cierre**

La rehabilitación se supervisa para medir el éxito del proceso e identificar los problemas que deben corregirse. Algunas minas pueden requerir cuidado y mantenimiento a largo plazo después del cierre. (Tiempo Minero, 2021, p.1)

### **Revegetación**

Consiste en establecer vegetación de forma artificial con las plantas adecuadas en un terreno apto para ello, utilizando las técnicas más oportunas en cada caso. En cada caso, el tipo de restauración vegetal que se considere debe ser compatible con el espacio y el uso previsto desde el punto de vista ecológico y paisajístico; es decir, que la tierra convertida generalmente debe ser tratada de manera que su apariencia y composición de la vegetación primaria sea lo más similar posible a la vegetación existente o potencial antes del proyecto. Por lo tanto, la ecología, los objetivos paisajísticos (para integrar y ocultar vistas antiestéticas) y el control de la erosión de las superficies expuestas creadas por el proyecto deben tenerse en cuenta al crear la vegetación. (Industria y Energía, 2016, p.2)

### **Reforestación**

La reforestación se conoce como actividades que restauran un área con árboles. En general, las áreas mencionadas estuvieron habitadas en su pasado reciente (hace unos

cincuenta años) por árboles y bosques que fueron talados por diversas causas posibles, como la construcción de infraestructura, el desarrollo urbano, la industria o el consumo. Los objetivos de incrementar la explotación forestal, la agricultura y la ganadería se ven limitados o destruidos por diversos factores, como incendios u otros desastres causados por incendios u otros desastres, accidentes o fenómenos naturales. Para la forestación, lo ideal es que las especies de árboles sean nativas, aunque pueden ser introducidas de otros lugares, pero las especies de rápido crecimiento son las mejores. En general, plantar y reforestar áreas mal acondicionadas tiene un efecto positivo a través de mejoras ambientales y de recursos. (Ecología Verde, 2020, p.1)

### **Encalado de suelos**

El encalado del suelo implica la adición de compuestos agrícolas que contienen calcio para corregir la acidez y neutralizar el pH del suelo cultivado. Los materiales utilizados como agentes alcalinizantes o reguladores de la acidez del suelo son principalmente carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de calcio y/o magnesio. Estos materiales reaccionan en el suelo y elevan el pH, como el óxido de calcio también conocido como cal quemada o cal viva, el hidróxido de calcio conocido como cal hidratada o cal apagada, la cal agrícola o calcita, la dolomita, la magnesita, la arcilla calcárea o la cal industrial como residuos de la industria del acero. (AEFA, 2020, p.1)

### **Fertilizante**

Los fertilizantes son sustancias ricas en nutrientes que se utilizan para mejorar las propiedades del suelo para un mayor desarrollo de los cultivos.

Existen 3 tipos de fertilizantes:



- **Químicos:** Estos son nutrientes hechos por el hombre, generalmente de fuentes minerales, animales, vegetales o sintéticas. Dentro de los fertilizantes químicos están los elaborados con los “nutrientes principales” para la tierra, que son nitrógeno, fósforo y potasio.
- **Orgánicos:** Se forman naturalmente con poca o ninguna participación humana en su formación, pueden ser de origen mineral, vegetal, animal o mixto. Como ejemplo de fertilizante orgánico se tiene el estiércol.

Entre las ventajas de utilizar fertilizantes en la agricultura, encontramos que aportan nutrientes de los que carece el suelo o sustrato, mejoran los rendimientos y aumentan las producciones agrícolas. (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019, p.2)

### **Abono orgánico**

López-Mtz et al. (2001) afirma que los abonos orgánicos se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mejorar la estructura del suelo; con ello, se aumentan la capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

### **Top Soil**

Se refiere a la capa superficial del suelo fértil rico en minerales y nutrientes. En general, esta capa superior es orgánica, es decir, suelo rico en nutrientes que promueve el crecimiento de árboles, plantas, vegetales, pastos y permite el desarrollo de la vegetación. Esto es muy importante en la industria minera ya que esta tierra se retira para extraer el mineral del subsuelo; cuando ya no se encuentra más mineral para extraer, la capa superior del suelo debe ser devuelta de donde fue extraída, como una forma de revertir o recuperar las condiciones iniciales antes de haber impactado el terreno. (Monitoreo Ambiental, 2015)

## **Panel Test**

Según Cardozo & Cibej (2012) los panel test sirven para evaluar tecnologías y sistemas técnicos económicamente eficientes, que se adecuen a las condiciones actuales de aquellas zonas que han sido afectadas por las actividades mineras y de esa forma permitan rehabilitar la calidad del paisaje.

En la parte de **formulación del problema** de la presente investigación tenemos como pregunta general, ¿Es posible mejorar la calidad del suelo con la revegetación en el Plan de Cierre de la Minera Pierina, Huaraz?

Por otro lado, como **objetivo principal** se optó por verificar la posibilidad de mejorar la calidad del suelo mediante la revegetación en el Plan de Cierre de la Minera Pierina, Huaraz.

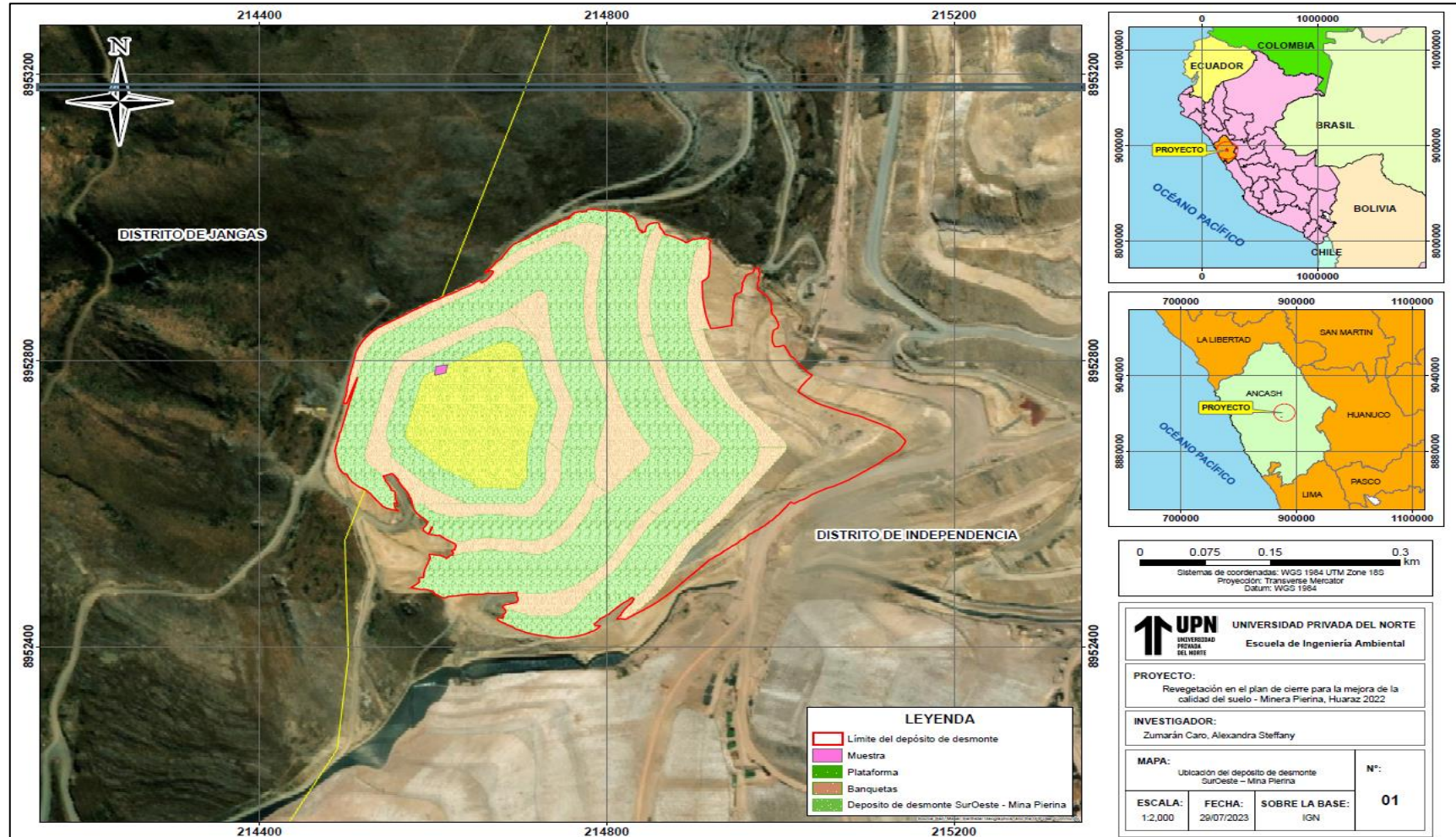
Asimismo, como **objetivos específicos** se propuso, en primer lugar, desarrollar un Panel Test para evaluar las condiciones en las cuales es posible la revegetación. En segundo lugar, determinar el efecto del encalado en los suelos por tres métodos de aplicación (forma manual en el depósito, mecanizada en el acopio de top soil y mecanizada por pilas en el depósito). Finalmente, medir el efecto de la gallinaza en el mejoramiento de los suelos.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **Ubicación del proyecto**

El proyecto se encuentra ubicado en la jurisdicción de los distritos de Jangas e Independencia, provincia de Huaraz, región Áncash. Geográficamente, se ubica en el lado oriental de la cordillera Negra en la sierra norte del Perú, a unos 10 km al noroeste de la ciudad de Huaraz, y a una altitud que fluctúa entre 3,700 msnm y 4,300 msnm.

Figura 1. Ubicación del depósito de desmonte Suroeste



Para esta investigación el enfoque es mixto. El cual según Viteri (2012), afirma que es aquella investigación que busca una perspectiva más amplia y profunda del problema, esta sustenta las fortalezas de cada método (cualitativo y cuantitativo) y no sus debilidades; por lo tanto, este enfoque se utilizó en este estudio, ya que permitió una formulación más clara del enunciado del problema y generó datos más relevantes y diversos a lo largo de múltiples períodos de seguimiento que tuvieron en cuenta diferentes fuentes y tipos de datos.

Asimismo, la presente tesis se encuadra en una investigación de diseño cuasi - experimental. Debido a que los autores Fernández et al. (2014), afirman que la investigación cuasi - experimental es aquella que tiene como objetivo poner a prueba una hipótesis causal manipulando (al menos) una variable independiente donde por razones logísticas o éticas no se puede asignar las unidades de investigación aleatoriamente a los grupos. Por consiguiente, este estudio se basa en esta orientación, ya que se ha ejecutado un panel de prueba para luego ponerlo en práctica a una magnitud mayor.

Para finalizar, el presente estudio según su profundidad es considerado de tipo explicativa, puesto que el autor Arias (2020) menciona que la investigación explicativa busca expandir el conocimiento existente sobre cosas de las que sabemos poco o nada; esto se refleja en la investigación ya que se centra en explicar los aspectos del estudio, tratando de aportar a investigaciones posteriores. Asimismo, está enmarcada dentro del tipo de investigación aplicada, debido a que Lozada (2014) menciona que la investigación aplicada es aquella que busca la generación de entendimiento con aplicación directa a la problemática de la sociedad o el sector productor; esta se apoya principalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y

el producto. Por consiguiente, este trabajo es considerado aplicada porque toma en cuenta los fines experimentales del discernimiento con el propósito de desarrollar un juicio competente que tenga una aplicación contigua para la mejora de la calidad del suelo en el depósito de desmonte Suroeste de la Unidad Minera Pierina – Huaraz.

Según López (2004) define que la población es el conjunto de objetos o personas de los que se pretende conocer algo en un estudio; este puede ser formado por animales, seres humanos, registros médicos, muestras de laboratorio y demás; por lo tanto, la población es considerado un conjunto infinito o finito de elementos con características habituales para los cuales serán ampliables las conclusiones de la investigación. En la presente investigación se ha considerado una población finita, debido a que se conoce en su totalidad el número preciso de los componentes que forman el servicio, el cual está conformado por **19 hectáreas de terrero del depósito de desmonte Suroeste de la Unidad Minera Pierina – Huaraz.**

Tesis de Investigadores (2012), afirma que la muestra es un subconjunto representativo y definido que se extrae de la población asequible; es decir, representa una parte de la población objeto de estudio, la cual se clasifica en no probabilística y probabilística; esta se apoya del muestreo, el que según López (2004), es considerado una técnica utilizada para elegir a los componentes de la muestra del total de la población. Esta consiste en un conjunto de normas, instrucciones y juicios mediante los cuales se elige un conjunto de elementos de una población que simbolizan lo que sucede en toda esa población. Para esta investigación la muestra ha sido elegida a través de la técnica de muestreo no probabilística por conveniencia; además, se realizó una muestra a criterio ya que se eligió sólo sobre la base del conocimiento y el juicio del investigador. La muestra está conformada por **150 m<sup>2</sup> de terreno del depósito de desmonte Suroeste de la Unidad Minera Pierina – Huaraz.**

Figura 2. Plano de población y muestra del depósito de desmonte Suroeste

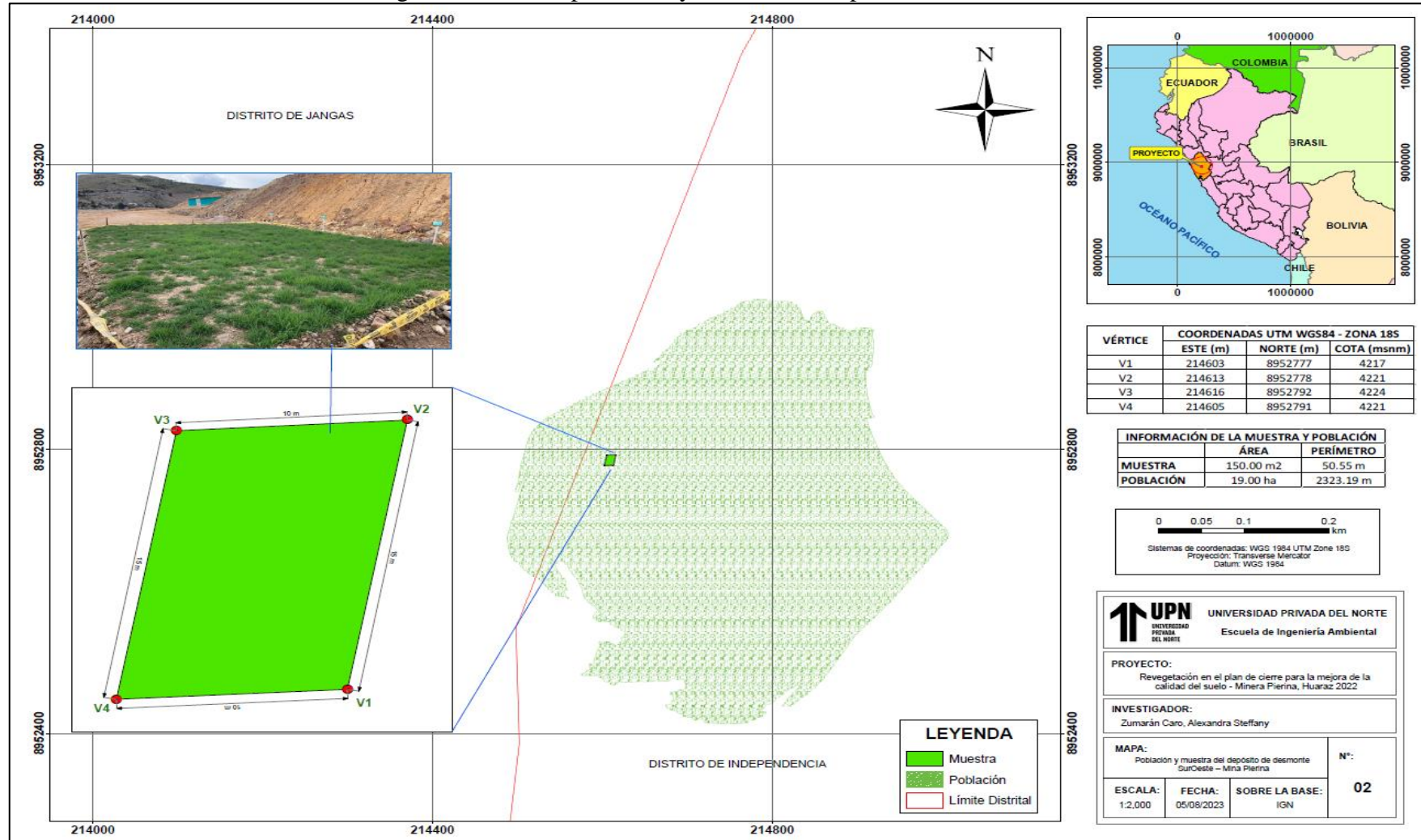
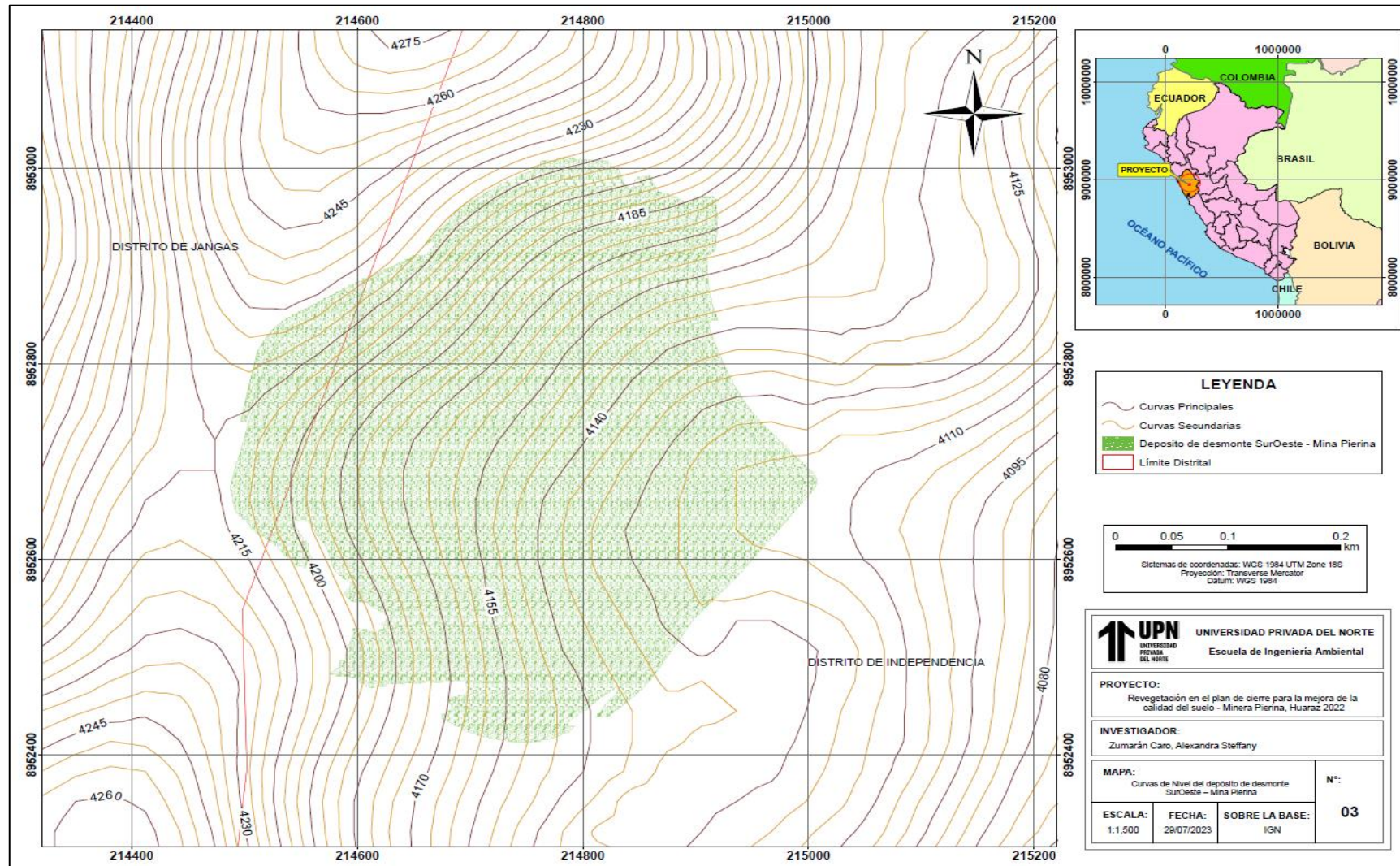


Figura 3. Plano de curvas de nivel del depósito de desmonte Suroeste





Por otro lado, Rojas (2011) nos indica que las técnicas e instrumentos de investigación son los procedimientos o recursos típicos, que son validados por la experiencia, los cuales son orientados mayormente, aunque no únicamente a obtener y convertir información útil para la solución de problemas de conocimiento en las disciplinas probadas; es por ello, que las técnicas que se empleará para la recolección de datos se harán mediante **documentos de archivo**, el cual consistirá en la revisión de información de la Especificación técnica para coberturas PR007019-112-11-0-0-14-SPC-0001 de MBP. Además, se recolectará datos mediante la **observación**, a través de notas de campo, grabaciones de vídeo o de audio, que pueden analizarse mediante herramientas de análisis cualitativo, la cual estará ligada a la ejecución y representación del panel test, cálculos de encalado de suelos, aplicación de gallinaza para el crecimiento de especies nativas. Asimismo, se recopilarán datos mediante **experimentos de laboratorio**, donde se enviarán las muestras de suelo para su caracterización. Con todo ello, se pretende comprobar la mejora de la calidad del suelo del depósito de desmonte Suroeste de la Unidad Minera Pierina – Huaraz. Esto se evidenciará mediante el proceso de revegetación aplicado. Por otro lado, para el procesamiento de la información se utilizará el programa de **Microsoft Excel**. Estos datos serán obtenidos de la evaluación en campo y gabinete.

Hernández et al. (2014) señalan que un instrumento de medición es aquel que registra datos observables que representan realmente las variables o los conceptos que el investigador tiene en mente; debido a ello, los instrumentos para el recojo de información fueron, balanza electrónica, pHmetro digital, tablero de madera A4, flexómetro o wincha, aerosol rojo, GPS y cucharón de excavadora.

El procedimiento de recolección de datos comprenderá la ejecución de la investigación en precampo, en el campo y en gabinete, se usarán procedimientos adecuados para el desarrollo de las actividades relacionadas al presente estudio. Por lo cual, el análisis de datos se realiza con dos enfoques, cuantitativo y cualitativo; en el primero se recolecta la información y posteriormente se analizan los datos y en el segundo, la recolección de la información y el análisis de esos datos ocurren, por lo general, de manera simultánea. Debido a que se utilizó métodos que obtienen **datos cuantitativos y cualitativos**, la investigación fue considerada una mezcla de ambos. Se realizó la recolección de datos con enfoque cualitativo, mediante un registro sistemático de notas de campo, de la obtención de documentos de diversa índole, y de la realización de observaciones, Por el enfoque cuantitativo se tomaron datos de una muestra, estos inicialmente agrupados en bases de datos y luego presentados en forma gráfica (gráfico de barras) al igual que otras tablas. La recolección de datos empezó con el ingreso a la Unidad Minera Pierina hasta el punto de intervención, exactamente al depósito de desmonte Suroeste, en este se realizó un recorrido previo del área de estudio, luego se procedió anotar datos y propiedades de la zona, clima, humedad. Posteriormente, se escogió la muestra de estudio, la cual fue dividida en tres parcelas iguales, de las cuales se extrajeron muestras de suelo aleatorias, después de ello, las muestras fueron llevadas a un laboratorio para análisis y caracterización. Estos datos permitirán determinar y evaluar la calidad del suelo antes del proceso de revegetación.

Para garantizar el **valor y confidencialidad** de los instrumentos, esta radica en la aplicación de técnicas permitiendo la medición de las variables en estudio de manera clara y precisa, la cual demostrará ser consistente en los resultados. Además, se utilizará información que ha sido revisada y validada por expertos en el tema de cierre de mina de la Unidad Minera Pierina.

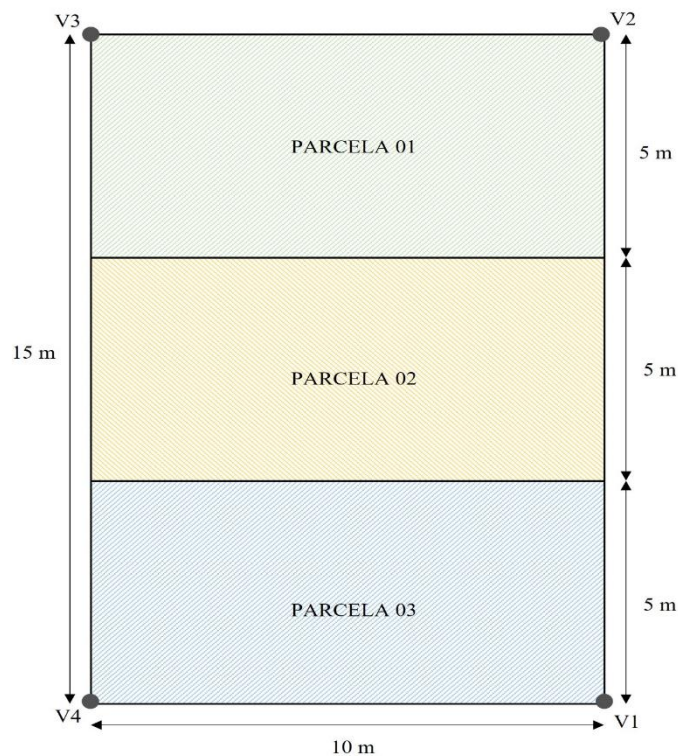
## CAPÍTULO III: RESULTADOS

Para satisfacer el OBJETIVO 1: Desarrollar un Panel Test para evaluar las condiciones en las cuales es posible la revegetación, se detalla a continuación:

Antes de iniciar con el mejoramiento de suelo, se realizó un análisis químico del suelo orgánico (TS-06A) tres meses antes de empezar con la aplicación de enmiendas y siembra del cultivo. Se procedió a determinar la uniformidad del suelo mediante 15 barrenaciones a lo largo y ancho de todo el terreno, a una profundidad de 30 cm correspondiente a la capa arable del suelo, se homogenizaron para tener una muestra que fue llevada y analizada en el Laboratorio de la Universidad Agraria La Molina. Los resultados determinaron un pH de 4.16. (Ver anexo 09).

### Panel Test

Se realizó la delimitación y distribución de 3 parcelas con dimensiones de 10 m de ancho x 5 m de largo con un área total de  $50m^2$ , por cada parcela del panel test.



Según la especificación técnica para coberturas PR007019-112-11-0-0-14-SPC-0001 de MBP, se realizó la incorporación de la barrera alcalina de forma manual (al voleo) en cada parcela, adicionando 0.10 kilogramos de hidróxido de calcio por cada  $1m^2$  de terreno, con la finalidad de crear una barrera y remediar el ácido que tiene el depósito y así no pueda llegar a la capa de top soil.



Figura 4. Incorporación de capa alcalina de 0.10 kg por  $1m^2$

Se realizó el traslado de  $3m^3$  de top soil del depósito de acopio TS-06A de suelos orgánicos, con la finalidad de incorporar top soil a las parcelas demostrativas del panel test, a una profundidad de 0,30 cm de capa arable.



Figura 5. Incorporación y tendido de Top Soil

Después de la incorporación del top soil, teniendo un pH inicial de 4.16 (**Ver anexo 9**), se realizó el encalado en diferentes dosis de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  para incrementar el pH del suelo, tal como se muestra en el gráfico N°1.

**Tabla 1. Dosificación de cal según área de trabajo**

Test	Ratio Tn/Ha	Área m <sup>2</sup>	Total kg $\text{Ca}(\text{OH})_2$
P1	5.00	50.00	25.00
P2	4.50	50.00	22.50
P3	3.50	50.00	17.50

- Parcela 1 = ratio de  $5 \text{ tn} \cdot \text{ha}^{-1} = 25 \text{ kg de } \text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ Por } 50\text{m}^2 \text{ de área}$
- Parcela 2 = ratio de  $4.5 \text{ tn} \cdot \text{ha}^{-1} = 22.5 \text{ kg de } \text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ Por } 50\text{m}^2 \text{ de área}$
- Parcela 3 = ratio de  $3.5 \text{ tn} \cdot \text{ha}^{-1} = 17.5 \text{ kg de } \text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ Por } 50\text{m}^2 \text{ de área}$



Figura 6. Incorporación de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  en cada parcela

**Tabla 2. Resultados de análisis de suelo – Mina Pierina, Huaraz.**

Número de muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaC O3 %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis mecánico			Clase textur al	CIC	Cationes cambiabiles					Suma de Cationes	Suma de Bases	% de Sat. de bases
Lab	Claves							Arena	Limo	Arcilla			Ca	Mg	K	Na	Al + H			
								%	%	%										
999	TS06A-H1	4.16	0.90	0.00	3.38	3.6	81	57	26	17	Fr.A.	19.84	3.58	0.65	0.26	0.27	2.00	6.76	4.76	24
1000	TS06A-H2	4.64	0.66	0.00	2.69	4.5	116	53	28	19	Fr.A.	20.48	4.74	0.73	0.43	0.32	1.00	7.11	6.11	30

- **TS06A – H1** = 2.00 Meq/ $\text{Al}^{+3}$

- **TS06A – H2** = 1.00 Meq/ $\text{Al}^{+3}$

## Cálculos de la dosificación de $\text{Ca}(\text{OH})_2$

De acuerdo con las especificaciones técnicas para coberturas PR007019-112-11-0-0-14-SPC-0001 de MBP, precisamente con las tablas del anexo C (Ver Anexo 9) con valores  $\text{Meq}/\text{Al}^{+3}$  de 2 y 1 de las Muestras 999 y 1000 en los estragos H1 y H2 del TS06A, se calcula para determinar la dosificación adecuada del hidróxido de calcio:

❖ **Poder Relativo de Neutralización (PRNT)**

❖ Hidróxido de calcio = 138

❖ Carbonato de Calcio = 100

❖ **Volatilización y Lixiviación = 40 %**

❖ **Factor (f) = clase textural**

- Suelo arcilloso = 2.0

- Suelo franco = 1.5 (según las EETT de coberturas de MBP)

- Suelo arenoso = 1.2

• **Muestra 999 – TS06A –H1 = 2.00  $\text{Meq}/\text{Al}^{+3}$  (para una capa arable de 20 cm)**

Suelo franco:  $1.5 \times 2 = (3) = 3000$  kg de carbonato de calcio

$$\frac{100}{138} = 0,7246 \times (3) = 2173 \text{ kg de Hidróxido de calcio}$$

$$x = \frac{2173}{100} \times 40$$

$$X = 869.2 \text{ kg Ca}(\text{OH})_2$$

$$2173.2 \text{ kg Ca}(\text{OH})_2 + 869.2 \text{ kg Ca}(\text{OH})_2 = 3042 \text{ Kg Ca}(\text{OH})_2$$

**Muestra 1000 – TS06A –H2 = 1.00  $\text{Meq}/\text{Al}^{+3}$  (para una capa arable de 20 cm)**

Suelo franco:  $1.5 \times 1 = (1.5) = 1000$  kg de carbonato de calcio

$$\frac{100}{138} = 0,7246 \times (1) = 725 \text{ kg de Hidróxido de calcio}$$

$$x = \frac{725}{100} \times 40$$

$$X = 290 \text{ kg Ca(OH)}_2$$

$$725 \text{ kg Ca(OH)}_2 + 290 \text{ kg Ca(OH)}_2 = 1015 \text{ Kg Ca(OH)}_2$$

**TS06A – H1 = 2.00 Meq/Al<sup>+3</sup> (para una capa arable de 20 cm)**

$$3042 \text{ Kg Ca(OH)}_2$$

**TS06A – H1 = 2.00 Meq/Al<sup>+3</sup> (para una capa arable de 10 cm)**

$$1521 \text{ Kg Ca(OH)}_2$$

**Ratio de cal para capa arable de 30 cm:**

**TS06A – H1 = 2.00 Meq/Al<sup>+3</sup> (para una capa arable de 30 cm).**

$$3042 \text{ Kg Ca(OH)}_2 + 1521 \text{ Kg Ca(OH)}_2 = 4563 \text{ kg Ca(OH)}_2$$



### Determinación de dosis óptima de $\text{Ca(OH)}_2$

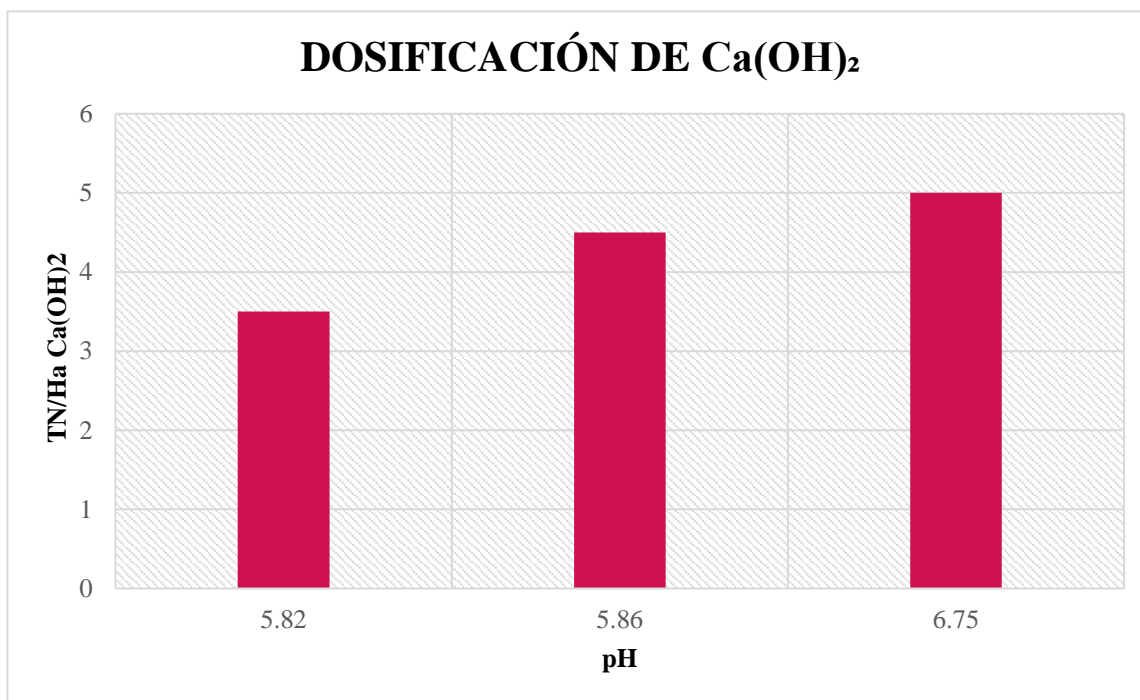


Figura 7. Dosificación óptima de  $\text{Ca(OH)}_2$

En la figura 5 se determinó que con 4.5 tn/ha  $\text{Ca(OH)}_2$  se incrementa el pH hasta 5.86 (Ver Anexo 3 – Tabla 9), haciendo que el suelo sea menos ácido comparado al valor de 4.16 de pH obtenido inicialmente, pero aún el suelo es considerado moderadamente ácido; sin embargo, según García (2015) los nutrientes están disponibles en un rango de pH de 5.1 – 8.4, por eso, se determinó que se encuentra dentro del rango ideal para el crecimiento de las especies nativas, además que fue el valor exacto obtenido de los cálculos realizados en gabinete.

15 días después de realizado el encalado de suelos, se realizó la preparación del terreno con la finalidad de incorporar gallinaza a una proporción de 0.84 kilogramos por  $1m^2$  (según ETT para coberturas PR007019-112-11-0-0-14-SPC-0001), cuyo objetivo es favorecer la aireación y oxigenación del suelo, por lo que, hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios. **(Ver tabla 5)**

El cálculo de la cantidad de unidades/ha de N, P y K (como macro nutrientes) que se incorporó con el ratio de  $0.84 \text{ kg/ m}^2$  se encuentra detallado en el **Objetivo 3**.

**Tabla 3. Ratio de gallinaza según área de trabajo**

Ratio Tn/Ha	Ratio Kg/m <sup>2</sup>	Total abono orgánico por cada parcela kg	Total abono orgánico en las 3 parcelas kg
8.40	0.84	42.00	126.00



Figura 8. Incorporación de gallinaza

Luego, se procedió a sembrar la avena forrajera en una proporción de 1.5 kilogramos por  $150m^2$  de terreno (según ETT para coberturas PR007019-112-11-0-0-14-SPC-0001) en esta siembra se ha manejado sólo una proporción para las 3 parcelas demostrativas, luego se

procedió a remover el top soil con picos para poder cubrir la avena forrajera a una profundidad de 4 a 6 cm.

**Tabla 4. Ratio de avena forrajera según área de trabajo**

Ratio kg/Ha	Total avena forrajera por cada parcela kg	Total avena forrajera en las 3 parcelas kg
100.00	0.50	1.50



Figura 9. Siembra de avena forrajera



Figura 10. Remoción de top soil para cubrir avena forrajera

Posterior a ello, se realizó la mezcla de las semillas en la proporción según la especificación técnica para coberturas PR007019-112-11-0-0-14-SPC-0001 de MBP, que se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 5. Ratio de semillas según área de trabajo**

Semillas	Ratio kg/Ha	Ratio Kg/m <sup>2</sup>	Total semillas en las 3 parcelas kg (150 m3)
Rey grass inglés	25.00	0.0025	0.38
Festuca arundinácea	25.00	0.0025	0.38
Dactylis glomerata	25.00	0.0025	0.38
Trébol blanco inoculado	8.00	0.0008	0.12
Trébol rojo	8.00	0.0008	0.12



Figura 11. Mezcla de semillas

Finalmente, se realizó la siembra de las semillas previamente mezcladas de forma manual, con las proporciones anteriormente mencionadas. Se realizó la siembra tratando de cubrir lo más rápido posible la mayor área y evitando los espacios desnudos, a una profundidad de 2 a 3 cm utilizando rastrillo.



Figura 12. Siembra de semillas mezcladas



Figura 13. Tapado de semillas con rastrillo

El cálculo del requerimiento o dosis nutricional de la avena forrajera para N, P y K unidades/ha se encuentra detallado en el **Objetivo 3**.

Para satisfacer el OBJETIVO 2: Determinar el efecto del encalado en los suelos por tres métodos de aplicación, se detalla a continuación:

El Stock del suelo orgánico está ubicado dentro del área de la Mina Pierina, zona de Corral Viejo, con código de acopio denominado “TS 06A”. Para el proceso de cobertura con suelos orgánicos de las áreas a revegetar se requirió aproximadamente 55,554.85 m<sup>3</sup>.



Figura 14. Ruta desde el acopio de top soil al depósito

El stock que quedó del suelo orgánico en el TS-06A se reperfiló de acuerdo con los taludes y plataformas similares al stock inicial.



Figura 15. Depósito de acopio TS-06A de suelos orgánicos

### **Cobertura con suelos orgánicos sobre los taludes**

El extendido de los suelos orgánicos, se realizó con un tractor D6 aplicado en capas de máximo 30 cm, no se requirió compactación, ejecutándose de la parte superior de la banqueta hacia el pie del talud en toda la superficie del área a cubrir; así mismo se utilizó una excavadora para colocar los suelos en aquellas zonas donde el tractor no podía ingresar.

Una vez extendido el material orgánico, la excavadora procedió a conformar los suelos orgánicos de acuerdo con el espesor requerido conforme a la topografía existente. El control del espesor de los suelos orgánicos colocados fue verificado mediante un levantamiento topográfico con GPS y después se liberó mediante un protocolo de calidad conciliado entre la empresa ejecutante y la supervisión.

## **Secuencia de colocación de suelos orgánicos**

La colocación de los suelos orgánicos se inició desde la parte más alta de cada banqueta empujando el material hacia las partes bajas, para el control visual se emplearon plantillas marcadas con la altura requerida de suelos a colocar, los equipos usados fueron tractores y/o excavadoras. La secuencia de la colocación de suelos orgánicos se presenta en la siguiente imagen con fechas por frentes y sectores (**Ver Anexo 04**).

## **MEJORAMIENTO DE SUELOS**

### **Barrera Alcalina**

- Se procedió a la incorporación de una capa de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  en una proporción de 0.1 kg por metro cuadrado (según ETT para coberturas PR007019-112-11-0-0-14-SPC-0001 de MBP) en los taludes liberados, con el fin de crear una barrera y poder remediar el ácido que tiene el material de desmonte del depósito y así no pueda llegar al top soil.
- Para ello se utilizó personal capacitado que se encargó de esparcir la cal de forma manual, utilizando sus implementos de seguridad (casco, botas punta de acero, guantes de jebe, tyvek, full face 3m).
- Una vez incorporada la barrera alcalina, se cubrió inmediatamente con el top soil para evitar que esta se pueda diseminar por acción del viento o lluvia.

### **Encalado Manual (hidróxido de calcio)**

- Los suelos orgánicos se trasladaron en volquetes a los frentes liberados por Calidad y se pasó a descargar en los taludes donde previamente se realizó la colocación de la barrera alcalina.



- Previo a la actividad, el hidróxido de calcio será trasladado en camioneta o camioncito a los frentes de trabajo.
- El personal separó el saco de cal de 40 kg en dos partes, el peso de cada saco fue de 20 kg, para verificar su peso se utilizó la balanza electrónica.
- El personal delimitó el área a encalar de forma manual haciendo uso de una wincha.
- Una vez delimitada el área se procedió a colocar el hidróxido de calcio al voleo en una proporción de 0.45 kg por m<sup>2</sup> (4.5 tn/ha), según las especificaciones técnicas de coberturas de MBP y cálculos en gabinete. El calero trasladó el saco de 20 kg al área de top soil para empezar a esparcirla.
- Finalizada la colocación de cal manual, un grupo de trabajadores con pico removió el top soil con el hidróxido de calcio, con el fin de poder homogenizar a una profundidad de 0.30 m de capa arable. El control del espesor de los suelos orgánicos colocados fue verificado mediante un levantamiento topográfico con GPS.



Figura 16. Encalado manual de suelos orgánicos

## **Encalado Mecanizado (hidróxido de calcio)**

### Mezcla en acopio de topsoil TS6A

- La excavadora empezó colocando 6 cucharadas de topsoil en forma de ruma en un solo lugar, las cuales equivalen a 15 m<sup>3</sup> de suelos orgánicos, según los cálculos realizados con topografía.
- Previo a la actividad, el hidróxido de calcio se trasladó en camioneta o camioncito a los frentes de trabajo.
- El personal separó el saco de cal de 40 kg, el peso de cada saco fue de 22.81 kg, según los cálculos en gabinete, para verificar su peso se utilizó la balanza electrónica.
- El operador de la excavadora pasó a dar la indicación para que se acerquen los caleros tocando el claxon y se estacionó con el lampón en el suelo, para que luego los caleros de forma ordenada y uno por uno empiecen a esparcir el hidróxido de calcio de forma manual en toda la ruma de los suelos orgánicos. Se esparció la cal en una proporción de 22.81 kg por cada 15m<sup>3</sup> de topsoil.
- Después, el personal procedió a retirarse a una distancia de 30 m para que la excavadora empiece a mezclar la cal con el topsoil hasta que se homogenice. Este proceso se repitió para todo el material que fue trasladado al punto final del top soil.
- Para finalizar, la excavadora procedió a cargar a los volquetes de 15m<sup>3</sup> el topsoil para que sea trasladado a las banquetas liberadas por Calidad donde se realizará la revegetación.

## CÁLCULOS DE DOSIFICACIÓN DE CAL PARA ENCALADO MECANIZADO

### Datos:

\* 4563 kg de Hidróxido de calcio  $\text{Ca(OH)}_2 = 1 \text{ Ha}$

\*  $1 \text{ Ha} = 10000 \text{ m}^2$

\*  $a = 10000 \text{ m}^2$

\*  $p = 0.30 \text{ m}$

### Formula de Volumen

$$V = a \times p$$

\*a = área

\*p = profundidad

$$V = 10000 \text{ m}^2 \times 0.30 \text{ m}$$

$$V = 3000 \text{ m}^3$$

\*  $15 \text{ m}^3 = 1 \text{ volquete de topsoil}$

Entonces:

$$X = \frac{4563}{3000} \times 15$$

$$X = 22.81 \text{ kg Ca(OH)}_2$$



Figura 17. Colocación de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  en el top soil

#### Mezcla en pila de topsoil / banqueta

- La excavadora procedió a excavar y limpiar las piedras del topsoil, para que luego esta proceda a cargar el topsoil a los volquetes de 15 m<sup>3</sup> para que trasladen los suelos orgánicos a los frentes liberados por Calidad.
- Previo a la actividad, el hidróxido de calcio se trasladó en camioneta o camioncito a los frentes de trabajo.
- El personal separó el saco de cal de 40 kg, el peso de cada saco será de 22.81 kg, para verificar su peso se utilizó la balanza electrónica.
- Los caleros empezaron a esparcir sobre el topsoil descargado previamente por el volquete de 15m<sup>3</sup> el hidróxido de calcio de forma manual, para que luego el tractor empiece a homogenizar la mezcla de topsoil con cal, realizando cortes de forma acuchillada y empujando a los taludes la mezcla a una profundidad de 0.30 cm de capa arable, donde previamente se realizó el esparcido manual de hidróxido de calcio, con el fin de crear una barrera alcalina para neutralizar el ácido del material de desmonte del botadero.



Figura 18. Colocación de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  en el topsoil por pilas

### Determinación del tiempo de encalado en las tres modalidades aplicadas

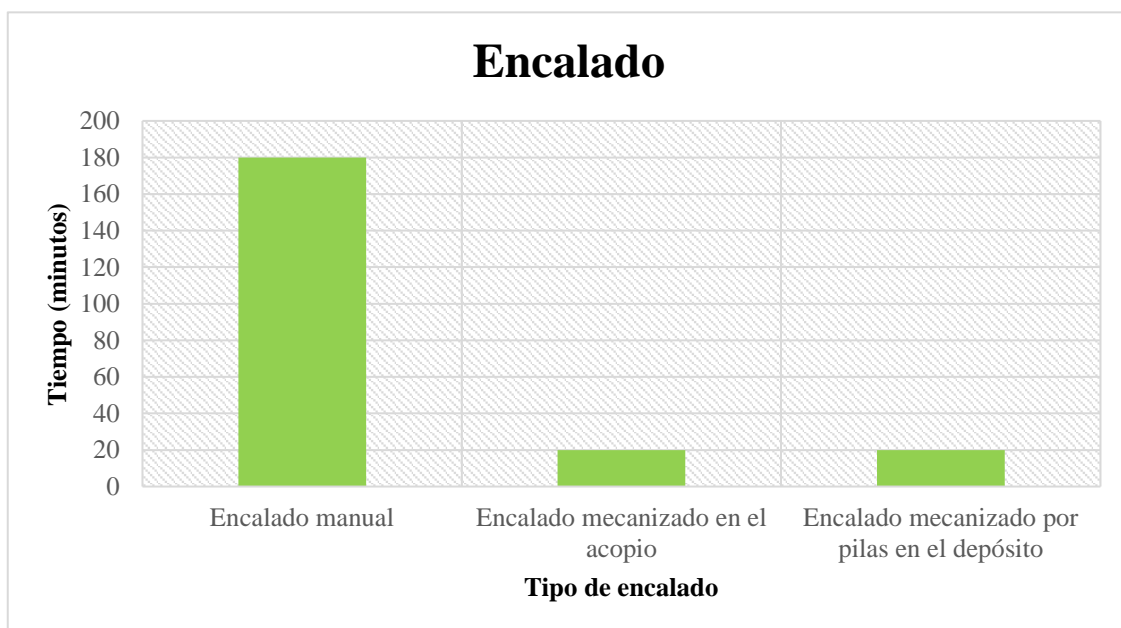


Figura 19. Tiempo tardado en los tipos de encalado

En la figura 17 se muestra los 3 tipos de encalados realizados, de los cuales, para la ejecución del proyecto se seleccionó el encalado mecanizado en el acopio debido a que se optimizaba en el tiempo de mezclado frente a las demás alternativas. Si bien es cierto, el tiempo de mezcla del encalado mecanizado en el acopio y del encalado mecanizado por

pilas en el depósito es el mismo, 20 minutos, pero se optó por elegir el tipo de encalado mecanizado en el acopio por los beneficios que este ofrecía:

La excavadora que realizaba la extracción de top soil en el acopio TS 06A, sería la misma que realizaría la mezcla del  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  con el top soil en el mismo acopio, hasta llegar a homogenizarla y de esta forma se optimizaría / ahorraría tiempo.

Para satisfacer el OBJETIVO 3: Medir el efecto de la gallinaza en el mejoramiento de los suelos, se detalla a continuación:

### Preparación de Terreno y colocación de abono orgánico

- La preparación de terreno y colocación de abono orgánico se realizó después de 15 días de haber realizado el encalado de suelos. Por lo que, después de pasado esos días se realizaron pruebas in situ de pH del suelo, con el pHmetro digital y agua destilada, de acuerdo a la colocación de suelos orgánicos (**Ver anexo 04**) y barrera alcalina, comprobando que el suelo está apto para el sembrío.



Figura 20. Medición de pH de suelo in situ

- La preparación del terreno se realizó de forma manual utilizando picos para poder retirar piedras grandes mayores a 20 cm, poder romper o mullir terrones grandes mayores a 10 cm.

- Para la colocación de abono orgánico se realizó con personal que cargó sacos de 25 kilos en el hombro, quienes realizaron de forma manual el esparcido del abono orgánico sobre todo el terreno en una proporción de 0.84 kg por m<sup>2</sup> (ratio determinada en las ETT de coberturas PR007019-112-11-0-0-14-SPC-0001 de MBP).
- La aplicación del abono orgánico tiene como finalidad incorporar mayores nutrientes al suelo para el proceso de revegetación.



Figura 21. Preparación de Terreno

Según las especificaciones técnicas para coberturas PR007019-112-11-0-0-14-SPC-0001 de MBP se debe aplicar como abono orgánico estiércol con una dosis de 20 ton/ha o en todo caso, se debe aplicar gallinaza con una dosificación de 8.4 ton/ha, según los análisis realizados.

Se optó por la gallinaza debido a que se necesita una menor dosis de aplicación, además, la gallinaza en comparación con otros abonos orgánicos tiene un mayor aporte nutricional, en la siguiente tabla se detalla:

**Tabla 6. Contenido nutricional del estiércol de bovino comparado con la gallinaza.**

Nutriente	Estiércol de bovino	Gallinaza
	kg/ton	
Nitrógeno	14.5	34.7
Fósforo	14.6	30.8
Potasio	34.1	20.9
Calcio	36.8	61.2
Magnesio	7.1	8.3
Sodio	5.1	5.6
Sales solubles	50	56
Materia orgánica	510	700

Fuente: Adaptado de Intagri (2015)

### CÁLCULOS DE UNIDADES/HA DE N, P Y K INCORPORADAS

Ratio = 8.4 ton/ha

$$N = 34.7 \frac{kg}{ton} \left( 8.4 \frac{ton}{ha} \right) = 291.48 \frac{kg}{ha}$$

$$P = 30.8 \frac{kg}{ton} \left( 8.4 \frac{ton}{ha} \right) = 258.72 \frac{kg}{ha}$$

$$K = 20.9 \frac{kg}{ton} \left( 8.4 \frac{ton}{ha} \right) = 175.56 \frac{kg}{ha}$$

Según el contenido nutricional de la gallinaza, teniendo en cuenta el ratio de 8.4 ton/ha:

- Se incorporó 291.48 kg/ha de Nitrógeno (como macronutrientes).
- Se incorporó 258.72 kg/ha de Fósforo (como macronutrientes).
- Se incorporó 175.56 kg/ha de Potasio (como macronutrientes).



## **Siembra de Avena Forrajera**

- La siembra de avena forrajera se realizó después de haber realizado la preparación de terreno (mullido de terrones mayores a 10 cm), limpieza de piedras grandes mayores a 20 cm y colocación de abono orgánico.
- Para esta actividad se utilizó 100 kg/ha de avena forrajera. Para poder pesar la cantidad de semilla se utilizó balanza electrónica.
- La siembra de la avena forrajera se realizó al voleo, el cual consiste en que una persona entrenada y con conocimientos en siembra al voleo realice de forma manual la distribución de las semillas de forma homogenizada en todo el terreno de 1 ha, evitando dejar sitios desnudos, utilizando costales que se amarran en la cintura o para agarrar en la mano y poder cargar 10 kilos de semilla aproximadamente.
- Finalmente, realizado esta actividad, se procedió a que un grupo de personas utilizando picos remuevan el terreno y tapen las semillas en una profundidad de 5 a 6 cm.



Figura 22. Siembra de avena forrajera al voleo

## **CÁLCULOS DE DOSIS NUTRICIONAL DE AVENA FORRAJERA PARA N, P Y K**

Ratio = 8.4 ton/ha

$$N = \frac{291.48 \frac{kg}{ha}}{100} = 2.9148 \text{ kg}$$

$$P = \frac{258.72 \frac{kg}{ha}}{100} = 2.5872 \text{ kg}$$

$$K = \frac{175.56 \frac{kg}{ha}}{100} = 1.7556 \text{ kg}$$

La dosis nutricional de la avena forrajera, teniendo en cuenta el ratio de 8.4 ton/ha se detalla:

- Nitrógeno 2.9148 kg de avena forrajera
- Fósforo 2.5872 kg de avena forrajera
- Potasio 1.7556 kg de avena forrajera

### **Mezcla de semillas y Siembra de Cultivo**

- Cabe resaltar que la actividad de siembra de semillas se realizó luego de la colocación del abono orgánico y la avena forrajera. Se realizó la preparación y mezcla de semillas en las proporciones establecidas en las especificaciones técnicas para coberturas de MBP.
- Las cantidades de semillas a mezclar fueron de acuerdo con las proporciones indicadas 25 kg de ray grass, 25 kg festuca arundinácea, 25 kg dactylis glomerata, 08 kg de trébol blanco inoculado y 08 kg de trébol rojo, toda esta cantidad de semillas fue para 1 ha de terreno. Para pesar todas estas cantidades se utilizó balanza electrónica.

- Estas semillas se mezclaron sobre una geomembrana, usando palanas, hasta lograr una mezcla homogénea.
- Una vez que se tuvo las semillas mezcladas, se llenaron en sacos de polipropileno (15 kg. aprox.) y se amarraron con pabilo para evitar derrames en el momento de almacenamiento y traslado al campo de siembra.
- Finalmente se realizó la siembra al voleo, la cual consistió en que una persona entrenada y con conocimientos en siembra al voleo realice de forma manual la distribución de las semillas de forma homogenizada en todo el terreno de 1 ha, evitando dejar sitios desnudos, utilizando costales que se amarran en la cintura o para agarrar en la mano y poder cargar 10 kilos de semilla aprox., luego fueron cubiertas muy superficialmente (2 a 3 cm) por un grupo de personal, utilizando rastrillo.



Figura 23. Mezcla de semillas

## **Resultados de la germinación de las semillas**

Los resultados obtenidos de la germinación fueron de manera progresiva, se observa la germinación de avena forrajera, ray grass, festuca arundinácea, dactylis glomerata, trébol blanco inoculado y trebol rojo en un 90%.



Figura 24. Germinación de semillas en el Panel Test



Figura 25. Germinación de semillas en el área de trabajo



Figura 26. Especies nativas germinadas

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### Discusiones

Se propuso como primer objetivo específico, desarrollar un Panel Test para evaluar las condiciones en las cuales es posible la revegetación. Según **Cardozo & Cibej (2012)** los panel test sirven para evaluar tecnologías y sistemas técnicos económicamente eficientes, que se adecuen a las condiciones actuales de aquellas zonas que han sido afectadas por las actividades mineras y de esa forma permitan rehabilitar la calidad del paisaje. En la presente investigación, se desarrolló el panel de prueba para encontrar la dosis óptima de  $\text{Ca(OH)}_2$  que se aplicará en los taludes del depósito de desmonte Suroeste, evidenciando el desarrollo de la revegetación. Este proceso consistió en el desarrollo de 3 parcelas de 10 m de ancho x 5 m de largo cada una, con un área total de  $150 \text{ m}^2$ , en las cuales se adicionaron  $3.5 \text{ tn}\cdot\text{ha}^{-1}$  o  $0,35 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  de  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $4.5 \text{ tn}\cdot\text{ha}^{-1}$  o  $0,45 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  de  $\text{Ca(OH)}_2$  y  $5 \text{ tn}\cdot\text{ha}^{-1}$  o  $0,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  de  $\text{Ca(OH)}_2$ , después de 15 días de realizado el encalado se realizó la medición de pH obteniendo valores de 5.82, 5.86 y 6.75 correspondientemente. Por otro lado, se realizó los cálculos en gabinete de acuerdo con la especificación técnica para oberturas PR007019-112-11-0-0-14-SPC-0001 de MBP, obteniendo una dosis de  $4.5 \text{ tn}\cdot\text{ha}^{-1}$ . El pH inicial del suelo (top soil) antes de la adición de  $\text{Ca(OH)}_2$  fue de 4.16, por lo tanto, se evidencia un aumento en el pH y por ende, una disminución en la acidez del suelo. Debido a ello, se tomó como dosis óptima  $4.5 \text{ tn}\cdot\text{ha}^{-1}$   $\text{Ca(OH)}_2$ , teniendo en cuenta los cálculos desarrollados en gabinete y la evaluación en campo. Estos resultados pueden ser comparados con **García (2015)**, ya que en su estudio se desarrollaron 12 parcelas con una dimensión de 7 x 8 m cada una, con un área total de  $672 \text{ m}^2$ , en las cuales se adicionaron  $2 \text{ tn}\cdot\text{ha}^{-1}$  o 60 kg de cal agrícola; se realizó un análisis de suelo antes y después de la experimentación, al inicio se obtuvo un pH de 4.92, y después de realizo el tratamiento aumentó a un pH de 5.52, además se obtuvo un

efecto positivo en el desarrollo del crecimiento de plantas (13.4%). Por esto, las enmiendas cálcicas son necesarias para el aumento de la alcalinidad del suelo y mejoramiento de sus propiedades químicas y, por lo tanto, incrementan los nutrientes para el desarrollo vegetativo.

Asimismo, como segundo objetivo específico, se determinar el efecto del encalado en los suelos por tres métodos de aplicación (forma manual en el depósito, mecanizada en el acopio de top soil y mecanizada por pilas en el depósito). Según **Intagri (2020)** la práctica de encalado se refiere a la aplicación de un material alcalinizante al suelo, cuyo objeto es reducir la acidez del mismo e incrementar la disponibilidad de nutrientes, en especial calcio y magnesio. En el presente estudio, se realizó el encalado de suelos en tres distintas modalidades, buscando encontrar la que tarde menor tiempo y sea eficiente. En los resultados, se obtuvo que seleccionando un área de aproximadamente 1140 m<sup>2</sup>, el encalado de forma manual en el depósito tardaba un promedio de 180 minutos equivalente a 3 horas, realizando la mezcla con un total de 3 hombres. El encalado mecanizado en el acopio de top soil considerando la misma área duró un promedio de 20 minutos igual que el encalado mecanizado por pilas en el depósito. Debido a ello, para la ejecución del proyecto se escogió el encalado mecanizado en el acopio de top soil ya que se optimizaría el tiempo mezclando con la excavadora el top soil y el Ca(OH)<sub>2</sub> en el mismo acopio, y este se llevaría en volquetes a los taludes, donde se extenderá el suelo orgánico previamente mezclado, para proceder en un aproximado de 15 días con la siembra de especies nativas, claramente mientras se espere más tiempo para el sembrío, el resultado de crecimiento será más óptimo. Asimismo, **Calderón & Andrés (2018)** en su investigación afirman que la aplicación de cal hidratada y cal dolomita en todas las dosis aplicadas incrementaron significativamente el pH del suelo

a los 40 y 80 días después de su aplicación. Por lo tanto, dependiendo del paso del tiempo, aumenta cada vez más el pH del suelo, incrementando su eficiencia.

Finalmente, se planteó medir el efecto de la gallinaza en el mejoramiento de los suelos. Según **López-Mtz et al. (2001)** afirma que los abonos orgánicos se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mejorar la estructura del suelo; con ello, se aumentan la capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrientes para las plantas. En el presente trabajo, se realizó la aplicación de gallinaza (como abono orgánico) en una dosis de  $8.4 \text{ tn.ha}^{-1}$  o  $0.84 \text{ kg.m}^{-2}$ , ya que según la especificación técnica para coberturas PR007019-112-11-0-0-14-SPC-0001 de MBP, indica que la dosis de aplicación de estiércol debe ser de  $20 \text{ tn.ha}^{-1}$ , y si en todo caso se consideraba gallinaza, se debe aplicar una dosis de  $8.4 \text{ tn.ha}^{-1}$ , esto nos da a conocer que la dosis de gallinaza es menor a comparación del estiércol, ya que esta contiene mayor aporte nutricional, tal como lo indica, **Intagri (2015)** en la Tabla 5, donde se realiza un comparativo del contenido nutricional de la gallinaza con el estiércol de bovino. Además, según la siembra de especies nativas se observa una germinación del 90%, en donde se aprecia los famosos "desnudos", los cuales son considerados partes del terreno donde es escasa la vegetación, estos se pueden dar por distintos factores, por ejemplo, por el factor climático, otro factor son los animales que habitan en la zona y además recordar que la siembra se realiza al voleo, la cual probablemente no siempre sea homogénea. De acuerdo con, **Cantarero & Martínez (2002)** en su investigación se realizó la aplicación de 3 tipos de fertilizantes (fertilizante mineral, gallinaza, estiércol vacuno) teniendo como resultado un 95% de germinación de especies, donde el mayor rendimiento fue obtenido por la aplicación de  $2772.84 \text{ kg/ha}$  de gallinaza, en 2do lugar el rendimiento conseguido con la aplicación de  $249.56 \text{ kg/ha}$  del fertilizante mineral 18-46-0, en 3re lugar está el rendimiento obtenido por la aplicación de  $124.78 \text{ kg/ha}$



del mismo fertilizante, en 4to lugar encontramos el rendimiento logrado por la cero aplicación de fertilizante y en 5to lugar se encuentra los rendimientos alcanzados por la aplicación de 2303.59 kg/ha y 1151.79 kg/ha de estiércol. Es por ello, que los abonos orgánicos son considerados una buena fuente aportadora de nutrientes, en especial, la gallinaza que es la que genera mayor rendimiento debido al alto contenido de macro y micronutrientes que esta presenta, los cuales tienen gran influencia en el desarrollo de las plantas.

### **Conclusiones**

Se realizó el desarrollo del Panel Test para evaluar las condiciones del terrero, determinando que la dosis óptima de  $\text{Ca(OH)}_2$  para el desarrollo de la vegetación es de 4.5  $\text{tn}\cdot\text{ha}^{-1}$  o  $0,45 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , concordando con los cálculos realizados en gabinete.

Se determinó el efecto del encalado en los suelos por tres métodos de aplicación (forma manual en el depósito, mecanizada en el acopio de top soil y mecanizada por pilas en el depósito), donde se determinó que, el encalado mecanizado en el acopio de top soil era el que se optimizaba en el tiempo de mezclado frente a las demás alternativas, tomando como referencia la evaluación realizada en campo.

Se midió el efecto de la gallinaza para el mejoramiento de los suelos, determinando que esta contaba con un mayor aporte nutricional en comparación con otros abonos orgánicos, teniendo como resultado un 90% de germinación de especies.

## REFERENCIAS

AEFA. (2020). Encalado de suelos – AEFA – Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes. Obtenido de <https://aefa-agronutrientes.org/encalado-de-suelos>

Arias, E. R. (2020). Investigación explicativa. Economipedia. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-explicativa.html>

Bingham, E. (2021, agosto 24). Beneficios y desafíos del Plan de Cierre de Minas. Santa Barbara Consultants — Mining Business Strategies. Obtenido de <https://santabarbaraconsultants.com/beneficios-y-desafios-del-plan-de-cierre-de-minas/>

Calderón, C., & Andrés, R. (2018). Efecto de dos tipos de cal en el pH del suelo y en la producción de sorgo sureño, Zamorano, Honduras. (*Proyecto especial de graduación*). Zamorano, Honduras: Escuela Agraria Panamericana. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/e100a12c-9b9e-4a71-9a23-241ac4a526ce/content>

Cangahuala Matute, L. M. (2021). Evaluación del componente flora en la Línea base y propuesta de revegetación del Plan de Manejo Ambiental en Sechura, Piura. (*Tesis de pregrado*). Piura, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4776>

Cardozo, & Cibej. (2012). DESARROLLO DE PRUEBAS DE REVEGETACIÓN PARA UN CIERRE DEL TAJO ABIERTO EN LA MINA PIERINA -BARRICK. Recuperado de <https://docplayer.es/65602920-1-introduccion-resumen-2-objetivo-desarrollo-de-pruebas-de-revegetacion-para-un-cierre-del-tajo-abierto-en-la-mina-pierina-barrick.html>

Carhuaricra Vertiz, J. M. (2019). Plan de cierre de minas en la Concesión Minera Huáscar 4 de la Empresa Travertinos Leyva S.A.C. (*Tesis pregrado*) Distrito de Yanacancha, Junín: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5223>

Corcuera, C. A. (2016). Impacto de la contaminación de la minería informal en el cerro el toro—Huamachuco. (*Trabajo de investigación*) Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2969>

De Quesada Alzamora, G. (2018). *Revegetación y reforestación en áreas afectadas por la minería en la localidad de Hualgayoc, Cajamarca (Tesis de pregrado)* Universidad Nacional Agraria La Molina. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3927>

Ecología Verde. (2020). Qué es la REFORESTACIÓN, su Importancia y Objetivos—Con VÍDEO. [ecologiaverde.com](https://www.ecologiaverde.com). <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-reforestacion-y-su-importancia-1269.html>

FAO. (2020). Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas. Obtenido de <https://www.fao.org/3/w1309s/w1309s04.htm>

Farfán, G. (2018). Identificación de suelos contaminados por minería en Caylloma, Arequipa referente a estudios geoquímicos y estándares de calidad ambiental. (Tesis de pregrado). Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3210>

Fernández, P., Vallejo, G., Livacic, P. E., & Tuero, E. (2014). Validez Estructurada para una investigación cuasi-experimental de calidad: Se cumplen 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasi-experimentales. *Anales de Psicología*, 30(2), 756-771. <https://doi.org/10.6018/analesps.30.2.166911>

García Serna, G. (2015). Influencia de la revegetación con *Festuca humilior* y la incorporación de fertilizantes en la recuperación de pastizales degradados. (*Grado de Magister*). Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. Obtenido de <http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/243>

Gestión en Recursos naturales. (2018). **IMPACTO AMBIENTAL IMPACTOS MEDIO AMBIENTALES | GRN**. Obtenido de <https://www.grn.cl/impacto-ambiental.html>

Gonzales, R. (2013). Evaluación de la calidad del suelo para diferentes usos de suelo y cubierta vegetal. (*Tesis de pregrado*). Toluca de Lerdo, Estado de México: Universidad Autónoma del estado de México. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/58561/Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20del%20suelo%20para%20diferentes%20usos%20y%20vegetaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hernández, Fernández, & Baptista. (2014). El portal de la tesis. Obtenido de <https://recursos.ucol.mx/tesis/investigacion.php>

Industria y Energía. (2016). Revegetación / Reforestación—Industria y Energía—Portal del Gobierno de La Rioja. Obtenido de <https://www.larioja.org/industria-energia/es/minas/sector-minero/restauracion-minera/restauracion-minera/restauracion-minera-restauracion-final/revegetacion-reforestacion>

Intagri. (2015). La Gallinaza Como Fertilizante | Intagri S.C. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/gallinaza-como-fertilizante>

Intagri. (2020). La Importancia del Encalado en el Manejo de los Suelos Ácidos Parte II | Intagri S.C. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-importancia-del-encalado-en-el-manejo-de-los-suelos-acidos-parte-II>

López, P. L. (2004). POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO. Punto Cero, 09(08), 69-74.

López-Mtz, J. D., Estrada, A. D., & Rubin, E. M. (2001). ABONOS ORGANICOS Y SU EFECTO EN PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO Y RENDIMIENTO EN MAIZ.

Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 47-50.

Meneses Rivas, J. L. (2020). Cierre de minas de carbón en el Perú y su influencia en la contaminación ambiental en Goyllarisquizga. (*Tesis de pregrado*). Pasco, Perú: Universidad Nacional Federico Villarreal. Obtenido de <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/4589>

Monitoreo Ambiental. (2015). Top Soil – Monitoreo Ambiental. Recuperado de <https://www.monitoreoambiental.com/top-soil/>

Morales, A., & Domas, M. (2020). Guía metodológica de cierre de minas.

Pinos Solano, D. S. (2022). Calidad del suelo a partir de indicadores físicos y químicos aplicado a tres usos de suelo para la generación de propuestas de gestión por impactos en el suelo por acciones antrópicas en el bosque y vegetación protectores de

Sunsun—Yanasacha [BachelorThesis]. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21860>

Rojas, I. R. (2011). Elementos Para El Diseño De Técnicas De Investigación: Una Propuesta De Definiciones Y Procedimientos En La Investigación Científica. *Tiempo de Educar*, 12(24), 277-297.

Cantarero, R., & Martínez, O. (2002). Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno, y un fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (*Zea Mays L.*). Variedad NB-6 (*Trabajo de diploma*). Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/1853/1/tnf04c229.pdf>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). ¿Qué es y para qué sirve el fertilizante? *gob.mx*. <http://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-es-y-para-que-sirve-el-fertilizante>

Tesis de Investigadores. (2012, enero 9). Tesis de Investigacion: Población y Muestra. Tesis de Investigacion. <http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2012/01/poblacion-y-muestra.html>

Tiempo Minero. (2021, marzo 23). ¿Qué es el cierre de minas y por qué importa tanto? *Tiempo Minero*. Obtenido de <https://camiper.com/tiempominero-noticias-en-mineria-para-el-peru-y-el-mundo/actividades-control-monitoreo-cierre-minas/>

Viteri, N. C. (2012). LA INVESTIGACIÓN MIXTA, ESTRATEGIA ANDRAGÓGICA FUNDAMENTAL PARA FORTALECER LAS CAPACIDADES INTELECTUALES SUPERIORES.

Xiong, J. (2016). Recuperación y rehabilitación de suelos contaminados con elementos traza mediante la aplicación de enmiendas y el establecimiento de una cubierta vegetal natural o de una planta de crecimiento rápido (*Paulownia fortunei*). (*Tesis de pregrado*). Sevilla, España: Universidad de Sevilla. Obtenido de <https://idus.us.es/handle/11441/39861>

## ANEXOS

### ANEXO N° 1: Operacionalización de Variables

**Tabla 7. Operacionalización de variables**

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
V.D Calidad del suelo	Según Gomez (2023) afirma que la calidad del suelo es la capacidad de un tipo específico de suelo de funcionar para sostener la productividad de las plantas y de los animales, mantener o mejorar la calidad del agua y del aire y también de mantener la sanidad y la vivienda de los humanos.	La calidad del suelo refleja qué tan bien un suelo realiza las funciones de mantener la biodiversidad y la productividad, dividir el flujo de agua y solutos, filtrar y amortiguar, ciclar los nutrientes y brindar apoyo a las plantas y otras estructuras. El manejo del suelo tiene un impacto importante en la calidad del suelo. Por lo cual, la calidad del suelo se relaciona con las funciones del suelo, a diferencia del agua o el aire, para los que se han establecido estándares, en los cuales es difícil de definir o cuantificar.	Área	Panel test Banquetas Plataformas
			Toneladas / hectárea	Dosificación
			Intervalos	pH

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
V.I Revegetación	Según Industria y Energía (2016) menciona que la revegetación es una técnica que consiste en establecer vegetación de forma artificial con las plantas adecuadas en un terreno apto para ello, utilizando los métodos más oportunos en cada caso.	La revegetación tiene como objetivos mejorar la estabilidad del suelo (o terreno) a largo plazo y protegerlo contra la erosión hídrica y la eólica, además, reducir la lixiviación a través del terreno y desarrollar los ecosistemas acordes al medio circundante para ayudar a la recolonización natural y al mantenimiento del equilibrio ecológico de especies. Por eso, para la realización correcta de una revegetación, es necesario un buen estudio previo de la zona.	Porcentaje	Germinación

## ANEXO N° 2: Matriz de Consistencia

Tabla 8. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	POBLACION	TIPO DE INVESTIGACION
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿Es posible mejorar la calidad del suelo con la revegetación en el Plan de Cierre de la Minera Pierina, Huaraz?</p>	<p><b>Objetivos Generales</b></p> <p>Verificar la posibilidad de mejorar la calidad del suelo mediante la revegetación en el Plan de Cierre de la Minera Pierina, Huaraz.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>Desarrollar un Panel Test para evaluar las condiciones en las cuales es posible la revegetación.</p> <p>Determinar el efecto del encalado de los suelos por tres métodos de aplicación (forma manual en el depósito, mecanizada en el acopio de top soil y mecanizada por pilas en el depósito).</p> <p>Medir el efecto de la gallinaza en el mejoramiento de los suelos.</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>Sí es posible mejorar la calidad del suelo mediante la revegetación en el Plan de Cierre de la Minera Pierina, Huaraz.</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Revegetación en el Plan de Cierre.</p> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Mejora de la calidad del suelo.</p>	<p><b>Población</b></p> <p>Está compuesta por 19 hectáreas de terrero del depósito de desmonte Suroeste de la Unidad Minera Pierina – Huaraz.</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>150 m<sup>2</sup> de terreno del depósito de desmonte Suroeste de la Unidad Minera Pierina – Huaraz.</p>	<p><b>Tipo de investigación</b></p> <p><b>Explicativa –Aplicada</b></p> <p>Ya que la investigación se centra en explicar los aspectos del estudio, tratando de aportar a investigaciones posteriores. Además, toma en cuenta los fines experimentales del discernimiento con el propósito de desarrollar un juicio competente que tenga una aplicación contigua.</p> <p><b>Diseño de investigación</b></p> <p>Cuasi – Experimental</p>



### ANEXO N° 3: Resultados de análisis de suelo – caracterización

**Tabla 9. Análisis de suelo Parcela 1 – 5 tn/ha**

<b>ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN</b>																	
<b>SOLICITANTE</b>		: TERRAMOVE SAC															
<b>PROYECTO</b>		: CIERRE DEL DEPÓSITO DE DESMONTE SUR OESTE(SW) - MINA PIERINA															
<b>UBICACIÓN</b>		: TS062CORRAL VIEJO" - MINA PIERINA.															
<b>RESP. ANÁLISIS</b>		: Ing. Elizabeth Monterrey Porras															
<b>FECHA DE ANÁLISIS</b>		: La Molina,10 de noviembre de 2021															
Número de muestra		CE	Análisis Mecánico				pH	M.O.	P	K	CaCO <sub>3</sub>	Cationes Cambiables					
Lab.	Campo	dS / m	Arena	Limo	Arcilla	Textura	Relación 1:	%	ppm	ppm	%	CIC total	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> +H <sup>+1</sup>
		Relación 1:1	%	%	%							C mol (+) / Kg					
17587	TMV-CQC-TOPSOIL-003	1.51	58.28	31.40	10.32	Franco	6.75	2.30	14.82	108.40	0.25	9.07	8.20	0.52	0.15	0.21	-
						arenoso											

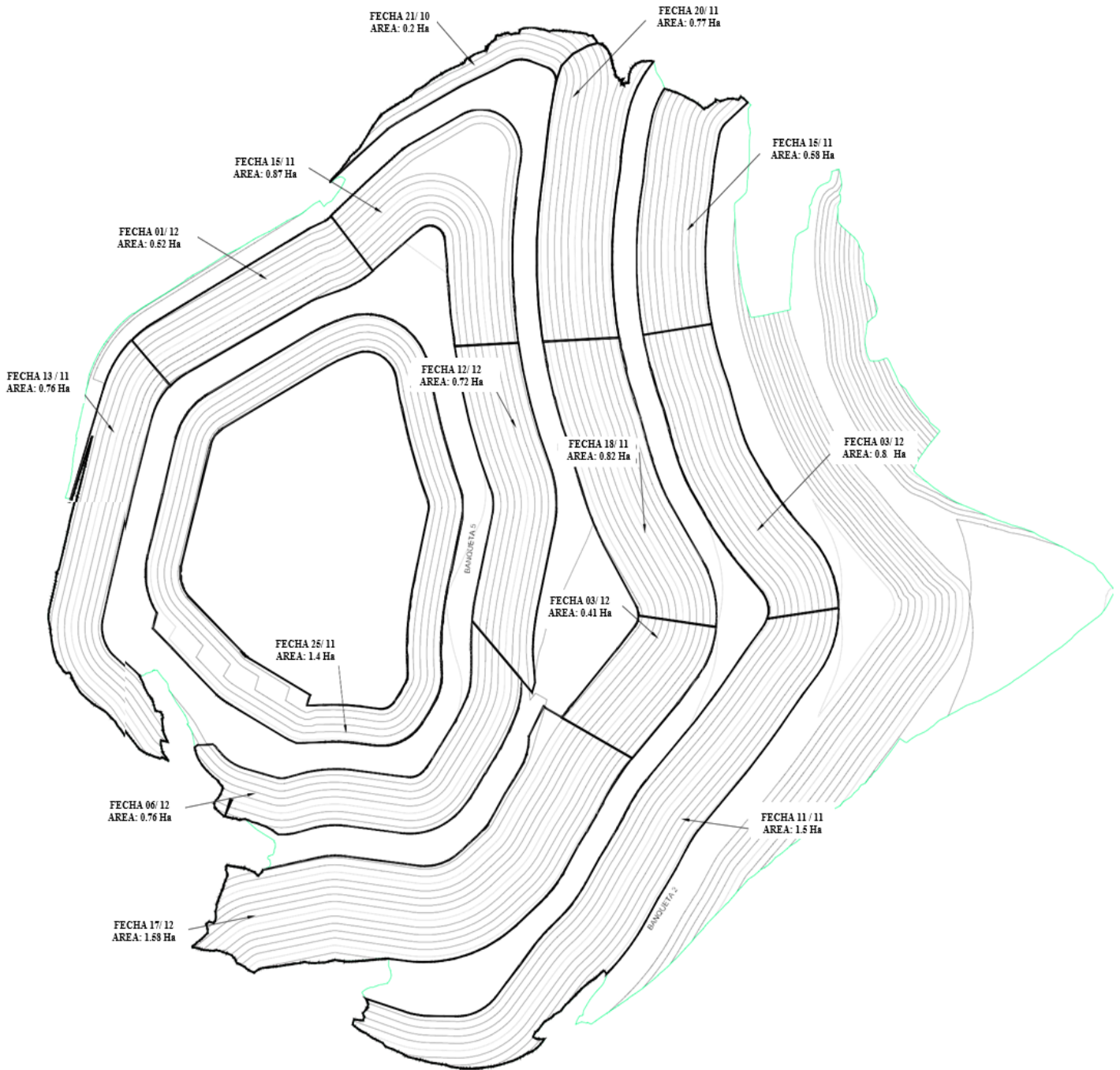
**Tabla 10. Análisis de suelo Parcela 2 – 4.5 tn/ha**

<b>ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN</b>																	
<b>SOLICITANTE</b>		: TERRAMOVE SAC															
<b>PROYECTO</b>		: CIERRE DEL DEPÓSITO DE DESMONTE SUR OESTE(SW) - MINA PIERINA															
<b>UBICACIÓN</b>		: TS062CORRAL VIEJO" - MINA PIERINA.															
<b>RESP. ANÁLISIS</b>		: Ing. Elizabeth Monterrey Porras															
<b>FECHA DE ANÁLISIS</b>		: La Molina,10 de noviembre de 2021															
Número de muestra		CE	Análisis Mecánico				pH	M.O.	P	K	CaCO <sub>3</sub>	Cationes Cambiables					
Lab.	Campo	dS / m	Arena	Limo	Arcilla	Textura	Relación 1:	%	ppm	ppm	%	CIC total	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> +H <sup>+1</sup>
		Relación 1:1	%	%	%							C mol (+) / Kg					
17586	TMV-CQC-TOPSOIL-002	1.51	55.28	30.40	14.32	Franco	5.86	2.16	12.32	135.00	-	8.49	7.67	0.52	0.12	0.14	0.05
						arenoso											

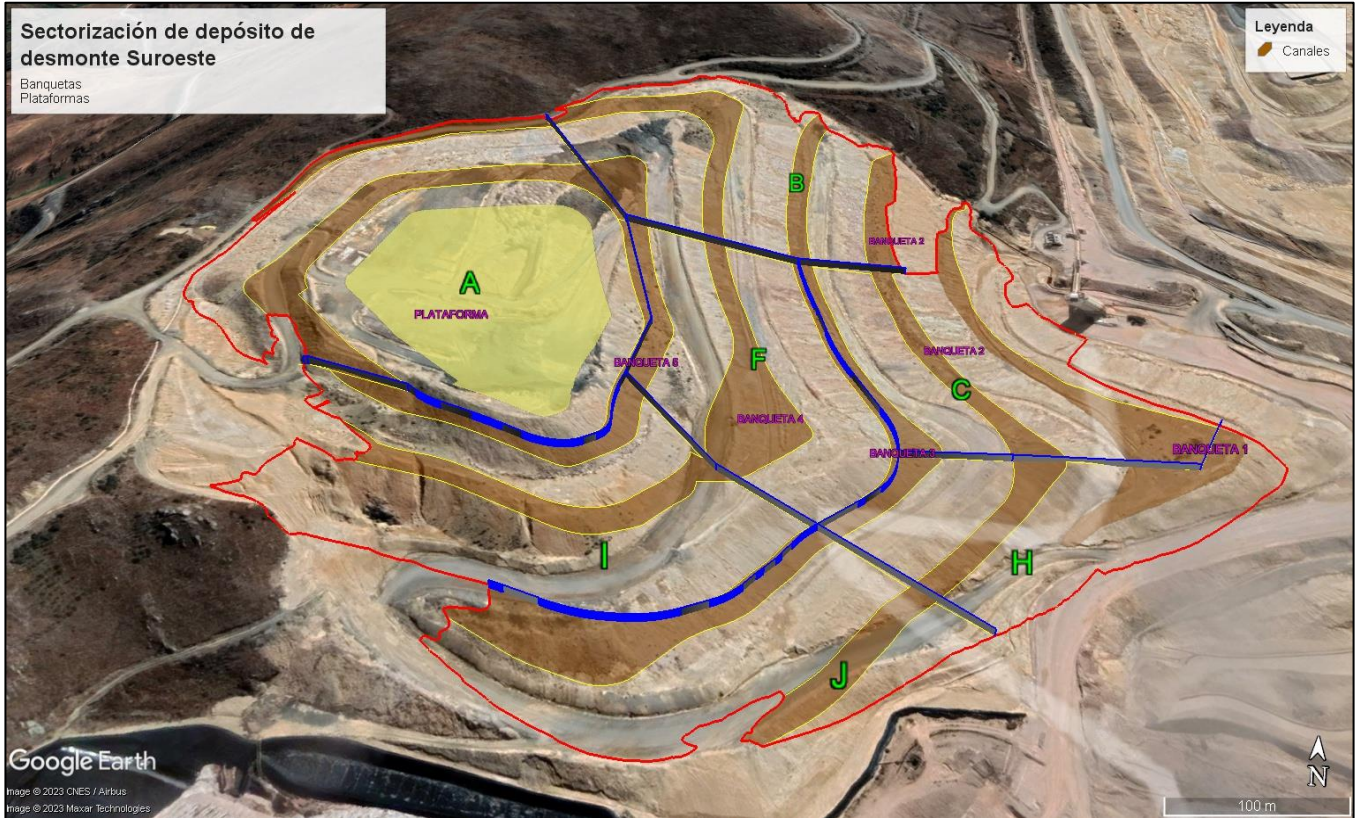
**Tabla 11. Análisis de suelo Parcela 3 – 3.5 tn/ha**

<b>ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN</b>																	
<b>SOLICITANTE</b>		: TERRAMOVE SAC															
<b>PROYECTO</b>		: CIERRE DEL DEPÓSITO DE DESMONTE SUR OESTE(SW) - MINA PIERINA															
<b>UBICACIÓN</b>		: TS062CORRAL VIEJO" - MINA PIERINA.															
<b>RESP. ANÁLISIS</b>		: Ing. Elizabeth Monterrey Porras															
<b>FECHA DE ANÁLISIS</b>		: La Molina, 10 de noviembre de 2021															
Número de muestra		CE	Análisis Mecánico				pH	M. O.	P	K	CaCO <sub>3</sub>	Cationes Cambiables					
Lab.	Campo	dS / m	Arena	Limo	Arcilla	Textura	Relación 1:	%	ppm	ppm	%	CIC total	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>-</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+1</sup>
		Relación 1:1	%	%	%							Cmol (+) / Kg					
17588	TMV-CQC-TOPSOIL-004	1.52	55.28	28.40	16.32	Franco	5.82	2.30	11.21	128.40	-	9.02	8.14	0.57	0.10	0.16	0.05
						arenoso											

### ANEXO N° 4: Secuencia de colocación de suelos orgánicos (top soil)



### ANEXO N° 5: Sectorización de depósito de desmonte Suroeste



## ANEXO N° 6: Ficha técnica de hidróxido de calcio

**Tabla 12. Ficha técnica de Ca(OH)<sub>2</sub>**

ITEM	DESCRIPCIÓN
Nombre del producto	Cal apaga o Cal hidratada
Nombre comercial	Cal agrícola
Nombre químico y fórmula	Hidróxido de Calcio Ca(OH) <sub>2</sub>
Presentación	Sacos de 50 kg / 60 kg
Granulometría	Molido
Apariencia	Color blanco, polvo fino
pH	12 – 12.49
Composición química	
Hidróxido de Calcio	80% - 90% aprox.
Óxido de Calcio	60% - 70% aprox.
Óxido de Silicio	0.30% aprox.
Óxido de Magnesio	0.44% aprox.
Óxido de Aluminio	0.12% aprox.
Óxido de Hierro	0.053% aprox.
Otras propiedades	
Información adicional	El hidróxido de calcio absorbe la humedad y dióxido de carbono del aire y forma carbonato de calcio.
Almacenamiento y Transporte	El hidróxido de Calcio debe permanecer seco, lejos de humedad, vapor o ácidos. Los silos de acero y barras cerradas herméticas de camiones-tanques son formas comunes de almacenamiento y transporte. El transporte a granel se debe realizar en camiones tipo baranda; lo recomendable es que la cal esté en sacos. Las instalaciones de manejo y almacenamiento común no se deben usar para hidróxido de calcio ni materiales que contengan agua de cristalización como alumbre, sulfato de cobre, etc. Almacenar en el área correspondiente a corrosivos.
Producción, transporte, manipulación y venta	El Decreto Legislativo N° 1126 y su reglamento, aprobado por el Decreto Supremo N° 044-2013-EF, delegan a la SUNAT el registro, control y fiscalización de insumos químicos.

Fuente: Adaptado de MBP

## **ANEXO N° 7: Escala de pH según categoría de suelos**

**Tabla 13. Categoría de suelos de acuerdo con el pH**

<b>Valor</b>	<b>Categoría</b>
Menor de 5.5	Extremadamente ácido
5.6 – 5.9	Moderadamente ácido
6.0 – 6.5	Adecuado
6.6 – 7.0	Neutro
7.1 – 8.0	Alcalino
Mayor de 8.0	Muy alcalino

Fuente: Adaptado de ICA (1992)

## **ANEXO N° 8: Evidencia fotográfica**



Figura 27. Área de trabajo antes de la revegetación



Figura 28. Área de trabajo durante la revegetación



Figura 29. Área de trabajo después de la revegetación



**ANEXO N° 9: Anexo C “Caracterización de suelos, conclusiones y recomendaciones por cada acopio para mejorar y/o mantener sus propiedades agronómicas – Universidad Nacional Agraria la Molina. (Especificación técnica para coberturas PR007019-112-11-0-0-14-SPC-0001 de MBP)**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS  
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



**Cuadro 4 Resultados de análisis de suelos de la mina Barrick Huaraz-Ancash.**

Número de Muestra	Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
997	TS02-H1	3.86	1.94	0.00	3.65	3.2	82	51	28	21	Fr.	23.04	4.88	1.27	0.28	0.36	3.10	9.89	6.79	29
998	TS02-H2	3.68	1.01	0.00	2.83	4.1	69	53	28	19	Fr.A.	21.12	2.60	0.67	0.20	0.28	4.20	7.94	3.74	18
999	TS06A-H1	4.16	0.90	0.00	3.38	3.6	81	57	26	17	Fr.A.	19.84	3.58	0.65	0.26	0.27	2.00	6.76	4.76	24
1000	TS06A-H2	4.64	0.66	0.00	2.69	4.5	116	53	28	19	Fr.A.	20.48	4.74	0.73	0.32	0.32	1.00	7.11	6.11	30
1001	TS01-H1	3.29	1.28	0.00	3.03	2.9	48	59	24	17	Fr.A.	20.32	2.51	0.43	0.16	0.33	5.40	8.84	3.44	17
1002	TS06-H1	4.16	0.58	0.00	2.76	8.6	70	49	32	19	Fr.	19.84	3.03	0.40	0.21	0.32	2.20	6.18	3.96	20
1003	TS06-H2	4.17	0.95	0.00	4.07	7.1	102	47	30	23	Fr.	20.80	4.46	1.22	0.30	0.37	1.80	8.15	6.35	31

Cuadro 4-2 Suelo TS06A

Número de Muestra		pH (1:1)	C E (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M O %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Bat De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>			
999	TS06A-H1	4.16	0.90	0.00	3.38	3.6	81	57	26	17	Fr.A.	19.84	3.58	0.65	0.26	0.27	2.00	6.76	4.76	24
1000	TS06A-H2	4.64	0.65	0.00	2.69	4.5	116	53	28	19	Fr.A.	20.48	4.74	0.73	0.32	0.32	1.00	7.11	6.11	30

De los resultados en el cuadro 4, se tiene el suelo TS06A-H1 es de reacción extremadamente ácido, moderadamente salino, no presencia de carbonatos, medio en materia orgánica, bajo en fósforo disponible, nivel bajo en potasio disponible, con clase textural franco arenoso, suma de cationes medio, bajo porcentaje de acidez cambiante, mayor contenido de calcio cambiante.

El suelo TS06A-H2 es de reacción muy fuertemente ácido, moderadamente salino, no presencia de carbonatos, medio en materia orgánica, bajo en fósforo disponible, nivel bajo en potasio disponible, con clase textural franco arenoso, suma de cationes medio, bajo porcentaje de acidez cambiante, mayor contenido de calcio cambiante.

El problema más sensible es la reacción del suelo, este se debe de corregir con la práctica del encalado. Al ser medios en materia orgánica, nos indica que se requiere del uso de fertilización nitrogenada, con el empleo de fertilizantes nitrogenados y la aplicación de enmiendas orgánicas; al ser bajos en fósforo disponible es necesario el uso de fertilizantes fosfatados; igualmente son bajos en potasio disponible, por lo que se necesita la aplicación de fertilizantes potásicos.