



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL.

“Evaluación de las Propiedades de la Subrasante Estabilizada con  
Óxido de Calcio para Vía no Pavimentada Pazos – Huaribamba,  
Huancavelica, 2022”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Saavedra Chávez, Martín (orcid.org/0000-0001-5073-1555)

**ASESOR:**

Mg. Heredia Benavides, Raúl (orcid.org/0000-0001-5408-5706)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

**LÍNEA DE ACCIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA-PERÚ

2022

## **DEDICATORIA**

A Dios, por bendecirme cada día de mi vida, a mi familia y amigos, por todo su apoyo, Y en especial a mi hija Salma por ser el motivo y la razón de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis asesores de tesis por compartir su conocimiento y poder realizar la presente tesis, a la Universidad Cesar Vallejo por brindarnos la oportunidad de graduarnos en esta casa de estudios.

## Índice de Contenidos

Índice de Contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	22
3.1 Tipo, nivel y diseño de la investigación .....	22
3.1.1 Tipo de la investigación .....	22
3.1.2 Nivel de la investigación .....	22
3.1.3 Diseño de la investigación.....	22
3.2 Variables y operacionalización .....	23
3.3 Población, muestra y muestreo .....	24
3.3.1 Población.....	24
3.3.2 Muestra .....	24
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
3.4.1 Técnicas .....	25
3.4.2 Instrumentos de recolección de datos.....	25
3.5 Procedimientos.....	26
3.6 Métodos de análisis de datos .....	26
3.7 Aspectos éticos .....	26
IV. RESULTADOS.....	27
V. DISCUSIÓN.....	54
VI. CONCLUSIONES .....	58
VII. RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS.....	62
ANEXOS .....	69
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	70
Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables.....	73

## Índice de tablas

Tabla 1: Categorías de la subrasante de acuerdo con su CBR.....	9
Tabla 2: Clases de suelos considerando su plasticidad. ....	11
Tabla 3: Clases de suelos considerando el EA. ....	12
Tabla 4: Clases de suelos considerando el IG. ....	13
Tabla 5: Correlación entre SUCS y AASHTO.....	14
Tabla 6. Requerimientos químicos y físicos de la cal.....	18
Tabla 7. Suelos que pueden ser estabilizados con cal de acuerdo con la clasificación SUCS.....	19
Tabla 8. Suelos que pueden ser estabilizados con cal de acuerdo con la clasificación AASHTO. ....	19
Tabla 9: Calicatas realizadas. ....	24
Tabla 10: Calicatas realizadas y sus respectivas progresivas.....	27
Tabla 11. Composición química de la cal viva (CaO) empleada. ....	28
Tabla 12: Resultados del ensayo de contenido de humedad. ....	29
Tabla 13: Resultados de los ensayos de Límites de Atterberg.....	32
Tabla 14: Resultados del índice de grupo. ....	34
Tabla 15: Resultados de la clasificación del suelo por SUCS y AASHTO.....	36
Tabla 16: Resultados del ensayo equivalente de arena.....	37
Tabla 17: Resultados del ensayo de %CBR.....	39
Tabla 18: Resultados del Módulo Resiliente. ....	41
Tabla 19: Resumen y cuadro comparativo de las propiedades del suelo de la subrasante obtenidas. ....	44

## Índice de figuras

Figura 1: Ensayo de análisis granulométrico.....	10
Figura 2: Ensayo de límites de Atterberg. ....	11
Figura 3: Ensayo equivalente de arena.....	12
Figura 4: Ensayo de humedad natural. ....	14
Figura 5: Ensayo de CBR.....	15
Figura 6: Ensayo de módulo resiliente. ....	16
Figura 7: Comparación del contenido de humedad.....	30
Figura 8: Comparación del índice de plasticidad (IP). ....	33
Figura 9: Comparación del índice de grupo (IG). ....	34
Figura 10: Comparación del equivalente de arena (EA).....	37
Figura 11: Comparación CBR de calicatas para distintas dosificaciones de óxido de calcio.....	39
Figura 12: Comparación de Mr de calicatas para distintas dosificaciones de óxido de calcio. ....	41

## RESUMEN

La presente tesis tuvo por objetivo determinar de qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en las propiedades de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022. El tipo de investigación fue aplicada, el nivel fue explicativo-correlacional y el diseño experimental. La población estuvo conformada por los suelos de la carretera mencionada entre las progresivas km 2+250 – km 3+250, mientras que la muestra estuvo conformada por 03 calicatas excavadas en dicho tramo. El procedimiento consistió en evaluar las muestras de suelos con incorporación de óxido de calcio (dosificación 3%, 6% y 9%) sometiénolas a diferentes ensayos de laboratorio con el fin determinar cómo influye este material en las propiedades del suelo como contenido de humedad, granulometría y clasificación de suelos, plasticidad, equivalente de arena, índice de grupo, capacidad de soporte (CBR) y módulo resiliente (Mr). Los principales resultados fueron que la incorporación de óxido de calcio mejora todas las propiedades del suelo, sin embargo, la dosificación óptima resultó ser 3%. Finalmente se concluye que la incorporación de este material solo debe realizarse en pequeñas cantidades, puesto que a una dosificación mayor de 3% las propiedades de CBR y Mr comienzan a descender.

Palabras clave: óxido de calcio, propiedades de la subrasante, vía no pavimentada.

## **ABSTRACT**

The objective of this thesis was to determine how the incorporation of calcium oxide influences the properties of the subgrade of the unpaved road Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022. The type of research was applied, the level was explanatory-correlational and the experimental design. The population was made up of the soils of the aforementioned highway between the progressive km 2+250 – km 3+250, while the sample was made up of 03 test pits excavated in said section. The procedure consisted in evaluating soil samples with calcium oxide incorporation (dosage 3%, 6% and 9%) subjecting them to different laboratory tests in order to determine how this material influences soil properties such as moisture content, Soil granulometry and classification, plasticity, sand equivalent, group index, bearing capacity (CBR) and resilient modulus (Mr). The main results were that the incorporation of calcium oxide improves all soil properties, however, the most optimal dosage was found to be 3%. Finally, it is concluded that the incorporation of this material should only be done in small quantities, since at a dosage greater than 3% the properties of CBR and Mr begin to decrease.

Keywords: calcium oxide, subgrade properties, unpaved road.



## I. INTRODUCCIÓN

En el mundo, actualmente los caminos rurales desempeñan un papel importante tanto en la conectividad como en el desarrollo de las naciones. De acuerdo con lo señalado por ÁVILA (2021, p. 15) estos caminos se caracterizan por la presencia de material de afirmado, el cual constituye su capa de rodadura, siendo posible afirmar que son económicamente viables para países en desarrollo, los cuales carecen de presupuestos elevados para carreteras. De acuerdo con lo que señalan ARGANDOÑA y PALOMINO (2019, p. 58) lamentablemente muchas veces las vías no pavimentadas se enfrentan a problemas como la presencia de una subrasante inadecuada con baja capacidad de soporte, para cuya estabilización hoy en día se han desarrollado numerosos métodos que consisten en procedimientos mecánicos (como la compactación) y asistencia de productos químicos (cal, cemento, cloruro de sodio, etc.). En este contexto se debe señalar que la estabilización con cal es una técnica utilizada para controlar las características de dilatación y contracción del suelo expansivo (SRIRAM y THYAGARAJ, 2019, p. 1). La estabilización de suelos expansivos con cal permite la mejora de sus propiedades geotécnicas (CHENG ET AL, 2018, p. 1031). De acuerdo con lo señalado por el MTC (2014, p. 36) las propiedades geotécnicas de los suelos son las siguientes: granulometría, plasticidad, equivalente de arena, índice de grupo, humedad natural, clasificación del suelo, capacidad de soporte y módulo resiliente. Estas propiedades se determinan empleando ensayos de mecánica de suelos. Además, resulta importante mencionar que el control de las propiedades geotécnicas es fundamental para garantizar el buen desempeño de la subrasante durante el tiempo de vida útil de la carretera (DHAR y HUSSAI, 2019, p. 2). Asimismo, de acuerdo con lo señalado por el MTC (2014, p. 101) para estabilizar la subrasante en trabajos de carreteras se pueden emplear dos tipos de cal: la cal viva (óxido de calcio) que genera una reacción exotérmica al contacto con el agua, y la cal muerta o hidratada (hidróxido de calcio), la cual no presenta esa reacción química. La presente investigación centra su estudio en el óxido de calcio (cal viva) analizando la influencia de este material en todas las propiedades que posee el suelo de acuerdo al MTC.

En el mundo se han realizado algunos estudios sobre la utilidad del óxido de calcio (cal viva) como agente estabilizador para las subrasantes pobres. Por ejemplo, CASTILLO (2017, p. 89) realizó en Ecuador una investigación sobre la adición de óxido de calcio en subrasantes de suelos arcillosos obteniendo que la cal viva permitió incrementar considerablemente el valor del CBR con 16% de cal en relación al peso seco del material. Por su parte, RAMOS y LOZANO (2019, p. 55) realizaron en Colombia una investigación en la que obtuvieron que la cal viva mejora el comportamiento mecánico de subrasantes arcillosas demostrando que en términos de resistencia-costo este material es la opción más óptima.

Se debe mencionar también, que en el caso peruano también se llevaron a cabo investigaciones afines. Destaca el estudio de ÁVILA (2021, p. 149) quien realizó en Huánuco una investigación en la que obtuvo que al incorporar el 3% de óxido de calcio en peso de suelo se logró incrementar el CBR en estado natural de 63% a un valor de 67.8%. Por su parte, QUISPE (2021, p. 145) realizó en Junín una investigación en la que obtuvo que el óxido de calcio estabiliza las propiedades físicas y mecánicas del suelo incrementando la máxima densidad seca (MDS) en 3.73% e incrementando el CBR en 312.90% más, esto para un contenido de 20% de óxido de calcio.

Lamentablemente, todavía existe una carencia bibliográfica de este tema en el departamento de Huancavelica, considerando sus características geotécnicas propias. Es así que el estudio se centra en la carretera Pazos – Huaribamba, específicamente en el tramo comprendido entre las progresivas km 2+250 – km 3+250. Es indispensable señalar que la carretera mencionada presenta un deterioro notable lo cual origina grandes dificultades para actividades de comercio, así como también dificulta el acceso a servicios educativos y de salud. En este contexto la polución que se genera debido al mal estado de la vía provoca enfermedades de salud en la población de tipo respiratorias. Por ello este estudio evaluará el aporte del óxido de calcio para estabilizar la subrasante de dicha carretera con el fin de garantizar la serviciabilidad y tiempo de vida útil del nuevo pavimento de afirmado a construirse.

Se tiene la pregunta general: ¿De qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en las propiedades de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022? Asimismo, se tiene el primer problema específico, ¿De qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en la granulometría de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022? El segundo problema específico, ¿De qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en la plasticidad de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022? El tercer problema específico, ¿De qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en el equivalente de arena de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022? El cuarto problema específico, ¿De qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en el índice de grupo de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022? El quinto problema específico, ¿De qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en la humedad natural de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022? El sexto problema específico, ¿De qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en la clasificación del suelo de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022? El séptimo problema específico, ¿De qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en la capacidad de soporte de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022? Y el octavo problema específico, ¿De qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en el módulo resiliente de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022?

Es imprescindible señalar que el estudio se justifica tecnológicamente, puesto que contribuirá al conocimiento de las propiedades del óxido de calcio (cal viva) y el aporte que este brinda a las subrasantes de vías no pavimentadas, asimismo resaltando su bajo costo. También es importante mencionar la justificación social, debido que al mejorar la subrasante será posible llevar a cabo la construcción de la vía de afirmado Pazos – Huaribamba logrando con ello la mejora de la transitabilidad en dicha vía elevando la calidad de vida de los habitantes del distrito de Pazos, evitando la ocurrencia de enfermedades respiratorias ocasionadas por polución que surge del tránsito vehicular al tratarse de una vía deteriorada.

Asimismo, se puede afirmar que se justifica en el aspecto económico debido a que contribuirá a reducir pérdidas económicas que ocurren al presentarse dificultades para llevar a cabo actividades de comercio de productos agrícolas, que realizan la mayor parte de la población a través de esta carretera.

Como objetivo general se tiene: evaluar de qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en las propiedades de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022. Asimismo, la investigación presenta ocho objetivos específicos. Asimismo, se tiene el primer objetivo específico: determinar cómo la incorporación de óxido de calcio influye en la granulometría de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022. El segundo objetivo específico: determinar cómo la incorporación de óxido de calcio influye en la plasticidad de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022. El tercer objetivo específico: determinar cómo la incorporación de óxido de calcio influye en el equivalente de arena de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022. El cuarto objetivo específico: determinar cómo la incorporación de óxido de calcio influye en el índice de grupo de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022. El quinto objetivo específico: determinar cómo la incorporación de óxido de calcio influye en la humedad natural de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022. El sexto objetivo específico: determinar cómo la incorporación de óxido de calcio influye en la clasificación del suelo de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022. El séptimo objetivo específico: determinar cómo la incorporación de óxido de calcio influye en la capacidad de soporte de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022. Y el octavo objetivo específico: determinar cómo la incorporación de óxido de calcio influye en el módulo resiliente de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.

Se tiene la hipótesis general: la incorporación de óxido de calcio influye significativamente en las propiedades de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022. También se tiene la primera hipótesis específica: la incorporación de óxido de calcio influye significativamente en la

granulometría de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022. La segunda hipótesis específica: la incorporación de óxido de calcio influye significativamente en la plasticidad de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022. La tercera hipótesis específica: la incorporación de óxido de calcio influye significativamente en el equivalente de arena de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022. La cuarta hipótesis específica: la incorporación de óxido de calcio influye significativamente en el índice de grupo de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022. La quinta hipótesis específica: la incorporación de óxido de calcio influye significativamente en la humedad natural de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022. La sexta hipótesis específica: la incorporación de óxido de calcio influye significativamente en la clasificación del suelo de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022. La séptima hipótesis específica: la incorporación de óxido de calcio influye significativamente en la capacidad de soporte de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022. La octava hipótesis específica: la incorporación de óxido de calcio influye significativamente en el módulo resiliente de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Para AMAYA (2017) en su tesis “Estabilización de suelos superficiales del NAICM con óxido de calcio (CaO)” presentó por objetivo evaluar la estabilización química de suelos arcillosos empleando CaO. Este estudio tuvo una metodología de tipo descriptivo-explicativo. Se obtuvo como resultado que la adición de CaO a los materiales arcillosos mejora el suelo permitiendo la construcción de caminos caminos. De esta manera al final se concluye que la adición de CaO es muy útil para llegar a estabilizar dichos suelos de bajo CBR.

Por su parte, PARRA (2018) llevó a cabo el estudio “Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante” presentó por objetivo llevar a cabo un análisis para determinar cuál es la cantidad de CaO y ceniza volante que debe ser añadida para lograr estabilizar el suelo caolín. Este estudio tuvo una metodología de explicativa. Se obtuvo como resultado que el CaO aporta una mayor contribución a la mejora de resistencia del caolín, lo cual no fue posible obtener con la ceniza volante. De esta manera al final se concluye, sin lugar a duda, que resulta la cal la mejor opción como estabilizante.

Por otro lado, CASTILLO (2017) llevó a cabo el estudio “Estabilización de suelos arcillosos de Macas con valores de CBR menores al 5% y límites líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como subrasantes en carreteras”, presentó por objetivo llevar a cabo un análisis para determinar cómo la cal permite la mejora de los suelos mencionados. Este estudio tuvo una metodología de explicativa. Se obtuvo como resultado que gracias a la cal fue posible apreciar una mejora considerable del CBR, hasta en un 16%. De esta manera al final se concluye que si se llegara a emplear la cal se podría lograr una reducción de los costos para las carreteras.

Asimismo, RAMOS y LOZANO (2019) en su tesis “Estabilización de suelo mediante aditivos alternativos” presentó por objetivo llevar a cabo una evaluación para determinar cómo la cal y la ceniza de carbón logran contribuir a optimizar las

propiedades del suelo. Este estudio tuvo una metodología de descriptiva-explicativa. Se obtuvo como resultado que se logró apreciar que los dos materiales mencionados mejoran las propiedades del caolín. Finalmente se obtuvo como conclusión que si bien es cierto ambos materiales son útiles, si consideramos el aspecto económico la ceniza viene a ser la opción más viable.

Por otra parte, GUAMÁN (2017) llevó a cabo el estudio “Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio)” presentó por objetivo llevar a cabo un análisis para determinar cómo la cal, así como también el cloruro de sodio, pueden mejorar un suelo conformado por arcilla. Es imprescindible señalar que fue necesaria una metodología descriptiva-explicativa. Además, cabe resaltar que, como resultado dicho suelo, al emplear porcentajes de cal de 7,5% y 12,5%, logró obtener valores de CBR de 20,8% y 26%, los cuales cumplen con lo establecido por las normativas ecuatorianas para mejoramiento de subrasante, lo cual no ocurrió con el cloruro de sodio. Finalmente se llegó a la conclusión que la cal constituye el método de estabilización más óptimo para el suelo arcilloso.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Para QUISPE (2021) en el estudio “Evaluación del óxido de calcio para estabilizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante del Jirón Carlos Sowersby, Distrito de Carhuamayo, Junín – Junín”, presentó por objetivo llevar a cabo una evaluación para determinar cómo el CaO mejora el suelo mencionado. Este estudio tuvo una metodología explicativa. Se obtuvo como resultado que fue posible apreciar que el CaO mejoró el suelo en mención en lo que respecta a su CBR hasta 312.90%. De esta manera al final se concluye que el CaO sí contribuye en la mejora tanto física, así como también mecánica del suelo.

Por su parte, ÁVILA (2021) en su tesis “Mejoramiento de la subrasante de la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba mediante la adición de porcentajes de óxido de calcio-2019”, presentó por objetivo lograr conseguir la mejora de dicha subrasante gracias al apoyo de CaO. Es imprescindible señalar que fue necesaria una metodología explicativa. Se obtuvo como resultado que gracias al empleo de

CaO en una cantidad de 3% es posible apreciar una mejora de hasta 67.85% del CBR. Finalmente se debe mencionar que como **conclusión** cuando se incorpora dicho material se contribuye a la mejora de la resistencia del suelo.

Por otro lado, MARTÍN y MORALES (2019) en su tesis “Análisis comparativo entre los aditivos oxido de calcio y cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de suelos arcillosos – Huánuco 2019”, presentó por objetivo llevar a cabo el análisis de cómo los materiales mencionados permiten lograr la estabilización del suelo. Este estudio tuvo una metodología descriptiva-explicativa. Se obtuvo como resultado que sólo fue posible cumplir con lo indicado por el MTC para el CBR cuando fue añadido el CaO, mientras que con el cloruro de sodio los resultados fueron deficientes. Finalmente se llegó a la conclusión que el óxido de calcio es el agente estabilizador más eficiente para suelos arcillosos.

Asimismo, CLEVER (2019) en su tesis “Mejoramiento de la subrasante de baja capacidad portante mediante la cal en la carretera Puente Ricardo Palma La Oroya” presentó por objetivo llevar a cabo el análisis de cómo el CaO logra contribuir a la mejora de dicha subrasante. Este estudio tuvo una metodología explicativa. Se obtuvo como resultado que cuando se optó por incorporar CaO al 5.5% fue posible apreciar que el CBR de la subrasante aumentó en 9%. Finalmente se debe mencionar como conclusión que dicho material contribuye de manera considerable a la mejora del CBR de subrasantes de baja capacidad portante.

Por otra parte, ABANTO y SALINAS (2021) en su tesis “Análisis de la estabilización de subrasantes con uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar y cal en el Perú” cuyo objetivo fue llevar a cabo el análisis del empleo de los materiales mencionados para lograr estabilizar las subrasantes, para lo cual se recopiló información de diferentes estudios hechos en el Perú. Este estudio tuvo una metodología descriptiva-explicativa. Se obtuvo como resultado que cuando se adiciona 20 % de dicha ceniza se incrementa el valor de CBR en más del 30% y cuando se añade 4% de cal el valor de CBR se incrementa más del 8%. Finalmente se obtuvo como conclusión que ambos materiales son útiles para mejorar un suelo clasificado por SUCS tipo CL.



## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1 Carreteras no pavimentadas

De acuerdo con lo señalado por el MTC (2018, p. 12) son aquellas que presentan una capa granular que puede ser utilizada como superficie de rodadura, razón por la cual se les conoce como pavimentos de afirmado, y además se debe señalar que suelen ser utilizadas cuando existe un bajo volumen vehicular, soportando como máximo 300000 EE si se considera un diseño para 10 años. Asimismo, según lo señalado por ÁVILA (2021, p. 36) para estas carreteras se debe considerar el control del polvo puesto que al tener expuesto el afirmado puede originar polución en gran medida, sin embargo, esto se puede controlar con riego de agua y también gracias a la inclusión de aditivos en los riegos. Asimismo, MTC (2018, p. 13) también señala que estas carreteras pueden ser de afirmado simple o pueden ser estabilizadas con materiales industriales como aditivos químicos o cemento.

### 2.2.2 Funciones y categorías de la subrasante

Según lo señalado por DÍAZ y CARDOSO (2018) la subrasante es aquella capa de suelo que tiene por finalidad cumplir un papel de soporte natural para llevar a cabo, sobre esta, la construcción del pavimento. Resulta imprescindible señalar que para evaluarla se hace uso de la capacidad de soporte (CBR), existiendo varias categorías de subrasante de acuerdo con el valor del CBR que poseen.

Tabla 1: Categorías de la subrasante de acuerdo con su CBR.

Categoría	Descripción	CBR (%)
S0	Inadecuada	<3
S1	Insuficiente	3 - 5
S2	Regular	6 - 9
S3	Buena	10 - 19
S4	Muy buena	20 - 29
S5	Excelente	≥ 30

Fuente: MTC (2018).

### 2.2.3. Propiedades de la subrasante

De acuerdo con lo señalado por el MTC (2014, p. 36) en su Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, en la sección Suelos y Pavimentos, menciona que las propiedades de los suelos a considerarse son:

#### a) Granulometría

Es importante mencionar que de acuerdo al MTC (2014, p. 36) esta evalúa como se encuentran distribuidos los tamaños de las partículas del agregado para lo cual hace uso de tamices de diversos tamaños, siendo con ello posible identificar el tipo de suelo al que pertenecen, además de que también permite brindar información sobre otras propiedades más.

#### Ensayo de análisis granulométrico

Es útil para determinar la granulometría y se basa en la normatividad MTC EM 107. Mediante el empleo de tamices contribuye a identificar cuáles son los materiales que posee la muestra de suelo, lo cual permite su clasificación.

Figura 1: Ensayo de análisis granulométrico.



Fuente: Propia.

## b) Plasticidad

De acuerdo al MTC (2014, p. 36) esta propiedad del suelo depende sólo de los elementos finos que posee el suelo y representa la estabilidad que éste tiene para soportar cierto grado de humedad sin disgregarse.

### Ensayo de plasticidad – límites de Atterberg

Son indicadores de cómo se comporta el suelo con respecto a su contenido de humedad, siendo estos el límite líquido (LL), límite plástico (LP) y el Índice de Plasticidad (IP) (CHENG ET AL, 2018, p. 1034). El LL (MTC EM 110) ocurre en el momento en el cual el suelo cambia de un estado semilíquido a plástico. Por otro lado, el LP (MTC EM 111) ocurre en el momento en el cual el suelo cambia de estado plástico a semisólido. También se debe mencionar que el IP se obtiene de la diferencia entre LL y LP y permite también clasificar el suelo de acuerdo con su plasticidad:

Tabla 2: Clases de suelos considerando su plasticidad.

Valor IP	Plasticidad	Clases
> 20	Alta	Muy arcilloso
> 7 y ≤ 20	Media	Arcilloso
< 7	Baja	Poco arcilloso
0	No plástico (NP)	Sin arcilla

Fuente: MTC, 2014.

Figura 2: Ensayo de límites de Atterberg.



Fuente: Propia.

### c) Equivalente de arena (EA)

De acuerdo al MTC (2014, p. 37) esta es una propiedad de los suelos muy importante puesto que indica la cantidad de polvo fino nocivo en los suelos.

#### Ensayo equivalente de arena

Este es un ensayo que se rige por MTC EM 114 para lo cual se emplea probetas, varilla con lastre, tamiz y embudo. Se caracteriza por brindar resultados similares a los que se consiguen por los límites de Atterberg. Sin embargo, se debe señalar que son menos precisos. Pero en contraposición se puede mencionar como una de sus ventajas el hecho de que son muy rápidos y al mismo tiempo fáciles de realizar.

Tabla 3: Clases de suelos considerando el EA.

EA	Suelo
$EA < 20$	Plástico y arcilloso
$20 < EA < 40$	Poco plástico
$EA > 40$	No plástico. Es arena.

Fuente: MTC, 2014.

Figura 3: Ensayo equivalente de arena.



Fuente: Propia.

#### d) Índice de Grupo (IG)

De acuerdo al MTC (2014, p. 38) esta propiedad se basa en un índice normado por AASHTO. Resulta importante señalar que este índice permite clasificar los suelos. Asimismo, se puede afirmar que se basa en los límites de Atterberg. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$IG = 0.2(a) + 0.005(ac) + 0.01(bd)$$

Donde: a = F-35; b = F-15; c = LL-40; d = IP-10

Observaciones:

- F viene a ser la fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras.
- Esta propiedad no posee un ensayo de laboratorio específico, puesto que utiliza los valores de LL e IP de los límites de Atterberg y el valor de F que se puede obtener del ensayo de análisis granulométrico.

Asimismo, se puede afirmar que esta propiedad permite clasificar el suelo de la subrasante de la siguiente manera:

Tabla 4: Clases de suelos considerando el IG.

IG	Suelo
IG>9	Muy pobre
4<IG<9	Pobre
2<IG<4	Regular
1<IG<2	Bueno
0<IG<1	Muy bueno

Fuente: MTC, 2014.

#### e) Humedad Natural

De acuerdo a MTC (2014, p. 38) la humedad natural es muy importante debido a que el CBR del suelo se relaciona en gran medida con la humedad que este presenta.

## Ensayo de humedad natural

De acuerdo a MTC (2014, p. 38) la humedad se determina con el ensayo de humedad natural MTC EM 108, cuya finalidad es comparar esta humedad natural con la humedad óptima que se obtiene del ensayo Próctor. Si de esta comparación la humedad óptima es mayor entonces sólo será necesario llevar a cabo una compactación normal del suelo, pero de resultar lo contrario, entonces se requerirá un incremento de la energía de compactación.

Figura 4: Ensayo de humedad natural.



Fuente: Angulo y Zavaleta, 2020.

## f) Clasificación del suelo

De acuerdo al MTC (2014, p. 39) el suelo puede ser clasificado obtenidas las propiedades anteriormente descritas y empleando para ello sistemas como SUCS o AASHTO con el fin de obtener en campo sectores homogéneos. Ambos sistemas tienen una determinada correlación:

Tabla 5: Correlación entre SUCS y AASHTO.

AASHTO	SUCS
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM

A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: MTC, 2014.

### g) Capacidad de soporte (CBR)

De acuerdo al MTC (2014, p. 39) el CBR se define como la resistencia que posee el suelo para poder soportar carga y que se obtiene al considerar el 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca).

#### Ensayo de CBR

De acuerdo al MTC (2014, p. 39) el CBR se determina empleando el ensayo de CBR estipulado por la norma MTC EM 132. La prueba CBR de suelos consiste básicamente en compactar un terreno en unos moldes normalizados, sumergirlos en agua y aplicar un punzonamiento sobre la superficie del terreno mediante un pistón normalizado.

Figura 5: Ensayo de CBR.



Fuente: Angulo y Zavaleta, 2020.

### h) Módulo resiliente (Mr)

De acuerdo al MTC (2014, p. 42) esta viene a ser una medida de la propiedad elástica de suelos, reconociéndole ciertas características no lineales. Resulta imprescindible señalar que cuando se trate de pavimentos flexibles el Mr puede emplearse de manera directa, mientras que si se trata de un pavimento rígido entonces en ese caso el Mr se convierte en Módulo de reacción de la subrasante (valor k).

### **Cálculo de Mr**

Para obtener el Mr se puede hacer uso del ensayo de Módulo resiliente basado en la norma MTC E 128 (AASHTO T274). Para realizar este ensayo se hace uso de la cámara de compresión triaxial, la cual se utiliza para contener la muestra y el fluido de confinamiento durante el ensayo. Sin embargo, por motivos de reducción de costos en los proyectos, el MTC recomienda calcular el valor de Mr a partir del valor del CBR haciendo uso de la siguiente correlación:

$$Mr (psi) = 2555 * CBR^{0.64}$$

Figura 6: Ensayo de módulo resiliente.



Fuente: Propia.

### **2.2.4. Estabilización de suelos**



De acuerdo con el ARGANDOÑA y PALOMINO (2019, p. 58) la estabilización de suelos consiste en obtener una mejora en relación a las propiedades del suelo para lo cual se puede hacer uso tanto de procedimientos de tipo mecánico (como la compactación), así como también se pueden emplear productos de origen químico como la cal, cemento, etc. (BEHNOOD, 2018, p. 14). La necesidad de hacer estos procedimientos ocurre cuando existe una subrasante pobre, por lo cual se requiere mejorar su resistencia mecánica (DHAR y HUSSAIN, 2019, p. 2).

Asimismo, de acuerdo con lo señalado por el MTC (2018, p. 13) aquellos suelos que se caractericen por presentar un  $CBR < 6$  deben ser, necesariamente estabilizados, siendo los suelos que generalmente presentan este problema las arcillas, los limos y las arenas combinadas con alguno de los materiales anteriores.

#### **2.2.4. Suelos estabilizados con cal**

##### **a) La cal y sus tipos**

De acuerdo por lo señalado por AMAYA ET AL. (2017, p. 9) la cal se obtiene a partir de la piedra caliza, la cual, luego de descomponerse térmicamente (considerando temperaturas elevadas), pueden ser obtenidas dos tipos de este material, en relación a si se encuentra hidratado o no. Para comenzar se puede mencionar al óxido de calcio ( $CaO$ ) conocido también bajo el nombre de cal viva, puesto que no está hidratada lo cual provoca que cuando se le añade agua ello de como resultado una gran liberación de calor (de más de  $80^{\circ}C$ ), de allí su nombre. Mientras que, por otro lado, se tiene al hidróxido de calcio ( $Ca(OH)_2$ ) conocido también bajo el nombre de cal muerta, la cual se caracteriza por estar ya hidratada razón por lo cual no experimenta liberación de calor. Asimismo, de acuerdo con lo señalado por el MTC (2014) para estabilizar suelos se pueden usar los dos tipos de cal en trabajos de carreteras. Se debe señalar también que, de acuerdo con ARRIETA ET AL. (2019, p. 882) la cal es uno de los aditivos más antiguos y populares utilizados para mejorar las propiedades geotécnicas de los suelos, que en el caso de los pavimentos son la expansibilidad, el exceso de humedad y la alta plasticidad.

En la presente investigación se ha empleado cal viva ( $CaO$ ). A continuación, se muestran los requerimientos químicos y físicos de la cal.

Tabla 6. Requerimientos químicos y físicos de la cal.

Tipo de requisito	Requisito	Cantidad (%) / Observación	Tipo de cal
Químicos	CaO	>90%	CaO y Ca(OH) <sub>2</sub>
	CO <sub>2</sub>	<5%	
	Humedad libre	<2%	
Físicos	% retenido tamiz N°30	<3%	Ca(OH) <sub>2</sub>
	% retenido tamiz N°200	<25%	
	Pasar tamiz de 1 pulg	Finura	CaO
	Aumentar temperatura >30 °C en 20 min.	Temperatura	
	Residuo > 10%	Residuo	

Fuente: NTP 334.125: 2017.

### b) Estabilización empleando óxido de calcio (cal viva)

La estabilización con cal es una técnica utilizada para controlar las características de dilatación y contracción del suelo expansivo (SRIRAM y THYAGARAJ, 2019, p. 1). La estabilización de suelos expansivos con cal permite la mejora de sus propiedades geotécnicas (CHENG ET AL, 2018, p. 1031). De acuerdo con lo expuesto por MARTÍN y MORALES (2019, p. 41) al óxido de calcio (CaO) se le conoce también comúnmente como cal viva y se caracteriza por ser sólido y blanco, presentando un peso específico de 3.40 gr/cm<sup>3</sup>, además reacciona con el agua, desprendiendo calor (reacción exotérmica). Según lo señalado por ÁVILA (2021, p. 61) cuando se procede a realizar la mezcla de cal con el suelo, empieza a ocurrir una reacción de intercambio iónico y de tipo puzolánico, con formación de nuevos productos químicos. Es importante mencionar que la sílice y alúmina que se encuentran presentes en el suelo llegan a combinarse con la cal en presencia de agua con lo cual se llegan a formar silicatos y aluminatos cálcicos insolubles. Asimismo, según lo expuesto por LÓPEZ y ORTIZ (2018, p. 34) cuando se opta por estabilizar el suelo con cal se consigue incrementar en gran medida sus características mecánicas, sobretodo el CBR que posee.

Tabla 7. Suelos que pueden ser estabilizados con cal de acuerdo con la clasificación SUCS.

Clasificación SUCS	Estabilizante
SC	CAL
ML	
CL	
OL	
MH	
CH	
OH	

Fuente: Ávila, 2021.

Tabla 8. Suelos que pueden ser estabilizados con cal de acuerdo con la clasificación AASHTO.

Clasificación AASHTO	Estabilizante
A-1	CAL
A-2	
A-3	
A-4	
A-5	
A-6	
A-7	

Fuente: MTC, 2013.

### c) Ejecución de estabilización con cal in situ

De acuerdo con el MTC (2013, p. 263) en su Manual de especificaciones técnicas generarles para construcción de carreteras (Sección 301.B), el proceso de estabilización de suelos con cal in situ comprende las siguientes etapas:

- Escarificación
- Humectación del suelo
- Mezclado y extendido de la cal
- Compactado y acabado de la superficie de la capa
- Curado

- Control de calidad

#### **d) Ventajas técnicas y económicas del óxido de calcio como agente estabilizante de suelos**

De acuerdo con lo señalado por ÁVILA (2021, p. 73) el empleo de la cal (ya sea cal viva o hidratada) brinda una serie de ventajas de tipo técnicas, así como también económicas:

- Permite una reducción del plazo de ejecución destacando que el CaO seca velozmente los suelos húmedos.
- Al utilizar CaO se logra mejorar el CBR de la subrasante y disminuye la ocurrencia de fallas.
- Permite estabilizar cualquier capa de soporte, mejorando su capacidad de soportar cargas vehiculares y contribuyendo a disminuir los costos constructivos.

#### **e) Problemas en la estabilización de suelos con cal**

De acuerdo con el MTC (2014, p. 104) suele ocurrir, si no se realiza correctamente el curado, la aparición de fisuras. Sobre este tema se debe tener especial cuidado sobre todo en áreas calurosas, siendo por ello indispensable llevar a cabo el curado de las capas estabilizadas con este material.

### **2.3. Definiciones conceptuales**

**Afirmado:** De acuerdo con ÁVILA (2021, p. 74) constituye la capa conformada por material granular la cual puede ser natural o también puede obtenerse al procesarse con la finalidad de obtener una gradación específica, siendo esta capa la que servirá como soporte a las cargas vehiculares.

**Arcillas:** De acuerdo con MARTÍN y MORALES (2019, p. 44) son suelos que se caracterizan por presentar unas partículas de tamaño máximo de 0.006 mm.

**Camino:** De acuerdo con CUADROS (2017, p. 36) es aquel espacio o franja terrestre que el hombre modifica con la finalidad de dedicarla al servicio del tránsito vehicular.

**C.B.R:** De acuerdo con ARGANDOÑA y PALOMINO (2019, p. 58) puede ser definida como la resistencia que posee el suelo frente a la acción de cargas verticales que se aplican en él, producto del tráfico de vehículos.

**Granulometría:** De acuerdo con ÁVILA (2021, p. 76) consiste en determinar cómo se distribuyen los tamaños de las partículas del agregado para lo cual suele ser empleado el procedimiento del tamizado.

## **III. METODOLOGÍA**

### **3.1 Tipo, nivel y diseño de la investigación**

#### **3.1.1 Tipo de la investigación**

##### **Por enfoque**

En concordancia con CABEZAS, ANDRADE y TORRES (2018, p. 19) un estudio es cuantitativo se caracteriza por apoyarse en análisis numéricos, así como también en la estadística con la finalidad de lograr probar la hipótesis. Así, este estudio presentó un enfoque cuantitativo, ello se puede afirmar porque se hizo uso de la medición numérica y la observación con la finalidad de poder recolectar datos para probar las hipótesis planteadas.

##### **Por propósito**

Siguiendo lo mencionado por CABEZAS, ANDRADE y TORRES (2018, p. 34) se puede afirmar que una investigación es aplicada cuando tiene por finalidad resolver un determinado problema para lo cual emplea teorías existentes. Así, este estudio es aplicado porque se centra en la búsqueda de la solución de un problema en base a conocimientos que existen.

#### **3.1.2 Nivel de la investigación**

Es posible afirmar, siguiendo el criterio de CABEZAS, ANDRADE y TORRES (2018, p. 69) se conoce como investigación explicativa-correlacional cuando busca descubrir la relación causa-efecto que existe entre las variables. Por ello se afirma que este estudio es explicativo-correlacional porque a través del descubrimiento de la relación mencionada se propone probar la hipótesis.

#### **3.1.3 Diseño de la investigación**

Es posible afirmar, siguiendo el criterio de CABEZAS, ANDRADE y TORRES (2018, p. 41) que un estudio es experimental al llevarse a cabo la manipulación de la variable. Por ello se menciona que este estudio es experimental debido a que la variable ha sido manipulada, empleando un riguroso control.

### 3.2 Variables y operacionalización

#### Variable Independiente: Óxido de calcio

- **Definición conceptual:** De acuerdo a lo señalado por Martín y Morales (2019, p.41) el óxido de calcio es conocido también como cal viva y es un polvo sólido y blanco que al mezclarse con el suelo ayuda a mejorar su capacidad de soporte, resistencia a los agentes atmosféricos y la estabilidad volumétrica.
- **Definición operacional:** Polvo blanco de peso específico 3.40 gr/cm<sup>3</sup> que será mezclado con el suelo de la subrasante en dosificaciones de 3%, 6% y 9% en peso de suelo.

#### Variable Dependiente: Propiedades de subrasante estabilizada

- **Definición conceptual:** De acuerdo al MTC (2014, p. 36) son aquellas propiedades que evalúan el comportamiento del suelo de la subrasante al construirse el pavimento.
- **Definición operacional:** Propiedades que evalúan el suelo de la subrasante, para predecir su comportamiento al construirse el pavimento, siendo de acuerdo al MTC ocho propiedades: granulometría, plasticidad, equivalente de arena, índice de grupo, humedad natural, clasificación del suelo, capacidad de soporte y módulo resiliente. Las cuales se determinan empleando ensayos de mecánica de suelos.

En el Anexo 2 se muestra la matriz de operacionalización de variables.

### 3.3 Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1 Población

Siguiendo el criterio de CABEZAS, ANDRADE y TORRES (2018, p. 88) esta se encuentra conformada por elementos que poseen características comunes. Siguiendo esta premisa para este estudio la población fue la carretera no pavimentada Pazos – Huaribamba, del departamento de Huancavelica, constituida por una longitud de 16 km.

#### 3.3.2 Muestra

Según lo expuesto por CABEZAS, ANDRADE y TORRES (2018, p. 93) es importante mencionar que a una pequeña parte de la población que permite conocer datos de la misma se conoce como muestra. Es así que, en este estudio se ha tomado como muestra el suelo de la subrasante de la carretera no pavimentada Pazos – Huaribamba, entre las progresivas km 2+250 – km 3+250, es decir sólo 1 km de carretera, de la cual se extraerán 03 calicatas para recolectar muestras del suelo. Resulta imprescindible señalar que se seleccionó este tramo por su alto deterioro, siendo por ello necesaria la construcción de un nuevo pavimento.

Tabla 9: Calicatas realizadas.

Progresiva (Km)	Calicata	Profundidad (m)	Coordenadas	
2+300	C-01	2.00	13°03'47"S	72°24'23"W
2+750	C-02	2.00	13°03'53"S	72°24'21"W
3+200	C-03	2.00	13°03'55"S	72°24'17"W

Fuente: Elaboración Propia.

#### 3.3.3 Muestreo

Siguiendo el criterio de CABEZAS, ANDRADE y TORRES (2018, p. 101) cuando la muestra es seleccionada por criterios del investigador a ello se le conoce como muestreo por conveniencia, es cual no es probabilístico. Este muestreo fue empleado en este estudio siendo llevadas a cabo calicatas, las cuales permitieron obtener muestras de suelos de la subrasante de la vía Pazos – Huaribamba (km 2+250 – 3+250), todo ello apoyado en un registro de excavaciones.



### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1 Técnicas**

Siguiendo el criterio de BAENA (2017, p. 67) estas son procedimientos que dirigen la investigación en las diferentes etapas que esta atraviesa, comenzando con el planteamiento del problema hasta la comprobación del problema. En este contexto resulta imprescindible mencionar que dentro de las técnicas más usadas están la observación, el análisis de documentos y la entrevista. Para la presente investigación fue utilizada la observación experimental de los ensayos mencionados anteriormente para con ello poder lograr los objetivos.

#### **3.4.2 Instrumentos de recolección de datos**

Siguiendo el criterio de BAENA (2017, p. 16) estos son medios que sirven de apoyo a las técnicas para conseguir lograr los objetivos, ello debido a que permiten el registro de información. Siguiendo esta premisa, es imprescindible señalar que para la presente investigación se han empleado:

- Ficha Técnica N°1 Comparación de contenido de humedad.
- Ficha Técnica N°2 Comparación de CBR

#### **3.4.3 Validación de instrumento**

Siguiendo el criterio de CABEZAS, ANDRADE y TORRES (2018, p. 95) esta es un indicador de la eficacia del instrumento, si realmente mide lo que debe medir. Se ha empleado en este estudio el juicio de expertos, contando con la aprobación de eruditos en el tema.

#### **3.4.5 Confiabilidad**

Siguiendo el criterio de CABEZAS, ANDRADE y TORRES (2018, p. 110) permite comprobar que, al ser aplicado de manera repetida en el mismo elemento, un instrumento da siempre el mismo resultado. Resulta imprescindible mencionar que para garantizar la confiabilidad de los resultados se contó con los certificados de calibración de los equipos del laboratorio.

### **3.5 Procedimientos**

- Se llevó a cabo la visita al terreno, inspeccionando la zona desde la progresiva inicial hasta la final.
- Se llevaron a cabo calicatas, en tres puntos estratégicos (Km 2+300, 2+750, 3+200), y que se caracterizaron por tener 2 m de profundidad.
- Se realizarán ensayos de laboratorio para determinar las propiedades del suelo y la influencia de la incorporación de óxido de calcio (3%, 6% y 9%).
- Se procederá a determinar las propiedades del suelo mediante ensayos de laboratorio a los cuales fueron sometidas las muestras.
- Se compararán las propiedades del suelo natural con los obtenidos adicionando óxido de calcio.

### **3.6 Métodos de análisis de datos**

Siguiendo el criterio de HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ y BAPTISTA (2014, p. 279) estos se realizan haciendo uso de computadores. En este contexto resulta imprescindible señalar que en este estudio fue empleado el programa SPSS v.27 así como también del programa Excel, determinando desviación, varianza y promedios. Se llevó a cabo el recojo de datos de los ensayos siendo procesados en Excel, para posteriormente, con el apoyo del software SPSS, llevarse a cabo el análisis estadístico. Al final se elaboraron las tablas en las cuales los resultados fueron comparados.

### **3.7 Aspectos éticos**

En este estudio se destaca la originalidad de los resultados presentados, asimismo se ha brindado el debido respeto a la propiedad intelectual, llevándose a cabo una correcta citación de los aportes de los diversos autores que sirvieron con fuentes teóricas y de consulta. También es importante mencionar que se cumplió fielmente con el reglamento del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad César Vallejo, así como el uso correcto la norma ISO 690. Se cumplió con todas las normas establecidas por el MTC y sus respectivos manuales.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Extracción de muestras

Con la finalidad de poder determinar las características físico-mecánicas de la subrasante del tramo de la carretera estudiada Pazos – Huaribamba (entre las progresivas km 2+250 – km 3+250), dicho tramo se dividió en 3 sectores, por lo cual se llevaron a cabo 3 perforaciones en el suelo – calicatas a cielo abierto (1 en cada sector), con un área de 1.20 m<sup>2</sup> a una profundidad de 2.00 m, estas calicatas estaban ubicadas cada 450 m aproximadamente de forma alternada, a lo largo de la carretera. De estas calicatas se obtuvieron muestras representativas para ser sometidas a ensayos de laboratorio.



Tabla 10: Calicatas realizadas y sus respectivas progresivas.

Progresiva (Km)	Calicata	Profundidad (m)	Tipo	Peso
2+300	C-01	2.00	Saco	80 kg
2+750	C-02	2.00	Saco	80 kg
3+200	C-03	2.00	Saco	80 kg

Fuente: Propia.

Siguiendo los criterios de la norma MTC E 105: Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo), se llevó a cabo lo siguiente:

- Después de extraerse la muestra, se seca al aire libre. Es importante mencionar que no se llevó a cabo secado en horno puesto que, si realizara aquello, las propiedades del suelo que deseamos evaluar pueden verse afectadas.
- La muestra fue colocada en un espacio plano y horizontal con la finalidad de obtener el mejor secado posible.

- Luego procedimos a seccionar el material logrando con ello deshacer los terrones para lo cual fue empleada una comba de goma.
- Luego de ello, se elaboró una mezcla hasta poder obtener una forma de cono siendo necesario volver a realizar esto 4 veces.
- Finalmente, en una cazoleta se fraccionó en cuatro partes hasta conseguir la cantidad requerida para el análisis de cada ensayo.

#### 4.2 Obtención del óxido de calcio (cal viva)

La cal viva que se empleó en los ensayos de la presente investigación es de procedencia de fabricación industrial de la ciudad de Cusco. Después de haber sido sometida a un respectivo análisis químico fue posible determinar su composición como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 11. Composición química de la cal viva (CaO) empleada.

Óxido de calcio	%
CaO	94
CaCO <sub>3</sub>	8
MgO	0.8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.8
Si	1.5
Humedad	1.5
Pasa la malla 100	89

Fuente: Propia.

#### 4.3. Resultados de los ensayos de laboratorio realizados

A continuación, se muestran los resultados para cada propiedad del suelo natural y con la incorporación del óxido de calcio en cantidades de 3%, 6% y 9%. Cabe señalar que los diversos procedimientos que se detallan a continuación fueron repetidos para cada dosificación de cal viva considerada.

##### a) Contenido de humedad

Se hizo uso del Ensayo para la determinación del contenido de humedad de un suelo (MTC E 108), el cual tuvo el siguiente procedimiento:

- La muestra fue cuarteada, con la finalidad de tener una porción representativa, considerando que la mínima cantidad que debe ser evaluada es 50 gr.
- La muestra de ensayo húmedo fue colocada en el recipiente, enumerándola.
- El peso del recipiente solo fue obtenido y también incorporando el material, siendo para ello necesario hacer uso de una balanza de 0.01 g de precisión.
- Se secó la muestra en horno a 110°C durante 18 horas, ello con la finalidad de poder obtener un peso admisible.
- Luego de sacarse el recipiente del horno, se dejó enfriar a temperatura ambiente.
- Se registró el peso del recipiente y el material secado al horno.
- Es así que al final la peso perdido representa al peso del agua que contenía la muestra.

Así, el contenido de humedad (W%) se obtuvo con la siguiente expresión:

$$W(\%) = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} * 100$$

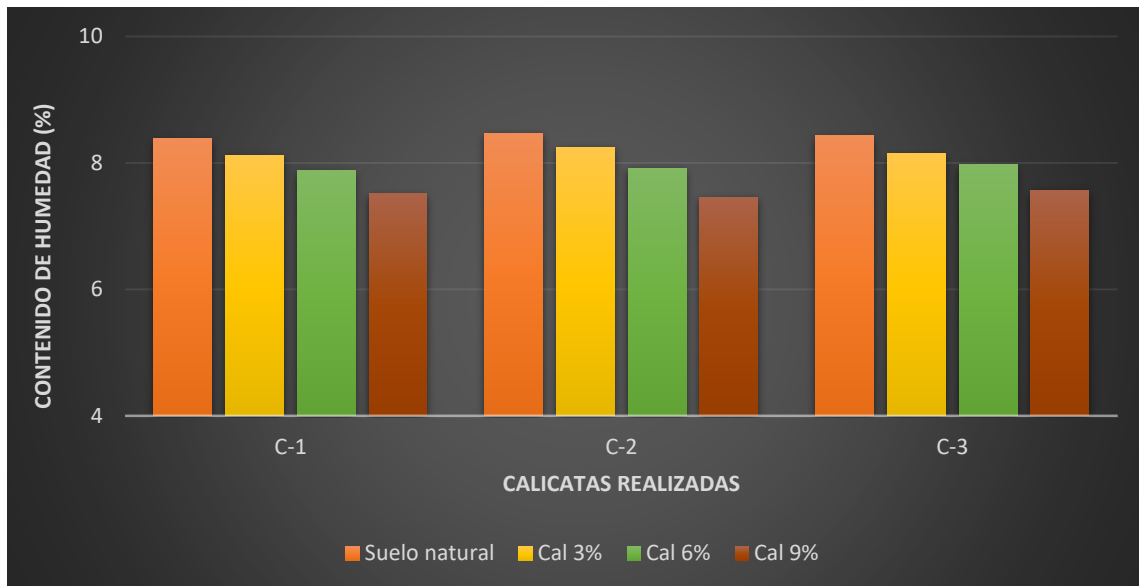
A continuación, se muestran los resultados para el contenido de humedad:

Tabla 12: Resultados del ensayo de contenido de humedad.

Calicata	% Óxido de calcio	Contenido de humedad (%)	Variación (%)
C-1	Suelo natural	8.38	-
	3%	8.12	-3.10
	6%	7.88	-5.97
	9%	7.52	-10.26
C-2	Suelo natural	8.47	-
	3%	8.25	-2.60
	6%	7.92	-6.49
	9%	7.46	-11.92
C-3	Suelo natural	8.43	-
	3%	8.14	-3.44
	6%	7.98	-5.33
	9%	7.57	-10.20

Fuente: Propia.

Figura 7: Comparación del contenido de humedad.



Fuente: Propia.

**Interpretación:** De la Tabla 10 y Figura 10 se puede apreciar que gracias a la adición de óxido de calcio (cal viva) el contenido de humedad tiende a disminuir de una manera inversamente proporcional, es decir que a mayor porcentaje de óxido de calcio menor será el contenido de humedad, siendo la dosificación que obtuvo el mejor resultado el 9% de óxido de calcio, puesto que de acuerdo al MTC mientras menor sea el valor del contenido de humedad menor será la plasticidad que presenta el suelo.

## b) Plasticidad – límites de Atterberg

### b.1. Límite líquido (LL)

Se hizo uso del Ensayo para la determinación del límite líquido de un suelo (MTC E 110), el cual tuvo el siguiente procedimiento:

- Fue necesario obtener una porción de la muestra que sea representativa (de 200 gr con la condición de que pase el tamiz N°40).
- Esta fue colocada en un recipiente (que se caracterizó por ser de material porcelana), llevando a cabo la mezcla de ésta con 20 ml de agua destilada.

- Luego, una fracción del suelo fue colocado en la copa de Casagrande, con la cual fue posible determinar el LL, para lo cual se consideró el momento en que la copa reposó sobre la base tomando en cuenta 10 mm de profundidad.
- Luego se procedió a tapar el recipiente con un paño húmedo, ello con la finalidad de poder retener el contenido de humedad de la muestra.
- Posteriormente con el empleo del acalanador se llevó a cabo la tarea de seccionar la muestra con lo cual se hizo una ranura en el suelo.
- Luego fue necesario dar vueltas al manubrio de la copa hasta que fue posible apreciar que en entraron en contacto las dos paredes del suelo.
- Luego se procedió a apuntar la cantidad de golpes necesario para que la ranura sea cerrada.
- La porción del suelo que fue posible hallar juntado en la copa se colocó en una tara y fue pesado.
- Además, es importante mencionar que se repitieron los pasos descritos en dos ensayos más, pero aumentando la cantidad de agua destilada (2-3ml más) con la finalidad de aumentar la humedad y disminuir la cantidad de golpes.
- Posteriormente las tajadas de suelo pesadas y con su respectiva numeración, fueron colocadas en el horno (110°C) para que luego de ser secadas, sean pesadas y registradas.

## **b.2. Límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP)**

Se hizo uso del Ensayo para la determinación del límite plástico e índice de plasticidad de un suelo (MTC E 111), el cual tuvo el siguiente procedimiento:

- Fue necesario tomar 20 gr proveniente de la muestra que se caracterizó por pasar el tamiz N°40, cuya preparación se hizo para el LL.
- Luego se procedió a amasar incorporando agua destilada, siendo posible obtener con ello una esfera del suelo.
- Después se tomó 2 gr proveniente de la esfera mencionada para que ser empleada como muestra para llevar a cabo este ensayo de LP.

- Es importante mencionar que en el caso de no llegar a desmoronarse el cilindro antes de tener 3.2 mm de diámetro, entonces fue necesario volver a repetir el procedimiento.
- Siguiendo estos criterios la porción que se obtuvo fue pesada.
- Se debe señalar se llevó a cabo el proceso 3 veces con la finalidad de obtener un promedio.
- Posteriormente las tajadas de suelo pesadas y con su respectiva numeración, fueron colocadas en el horno (110°C) para que luego de ser secadas, sean pesadas y registradas.

Así, el límite plástico (LP) se obtuvo con la siguiente expresión:

$$LP(\%) = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del secado en el horno}} * 100$$

Mientras que el índice de plasticidad (IP) se obtuvo con la siguiente expresión:

$$IP(\%) = LL - LP$$

A continuación, se muestran los resultados para los límites de Atterberg:

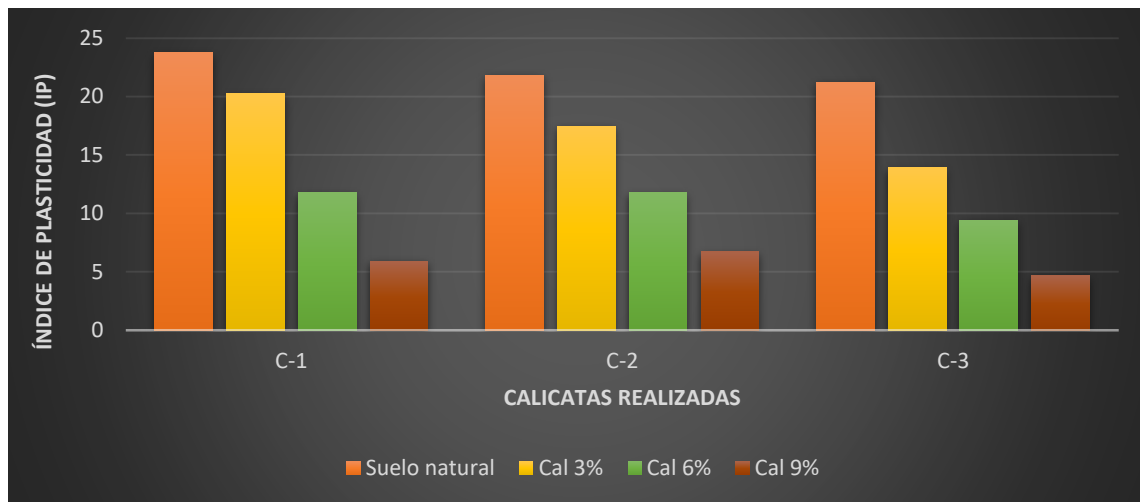
Tabla 13: Resultados de los ensayos de Límites de Atterberg.

Calicata	Incorporación %Óxido de calcio en peso	LL	LP	IP
C-1	Suelo natural	36.38	12.59	23.79
	3%	33.47	13.22	20.25
	6%	28.14	16.39	11.75
	9%	23.58	17.67	5.91
C-2	Suelo natural	34.22	12.39	21.83
	3%	32.45	14.98	17.47
	6%	27.36	15.59	11.77
	9%	24.14	17.43	6.71
C-3	Suelo natural	33.38	12.14	21.24
	3%	28.48	14.56	13.92
	6%	24.86	15.45	9.41
	9%	22.85	18.17	4.68

Fuente: Propia.



Figura 8: Comparación del índice de plasticidad (IP).



Fuente: Propia.

**Interpretación:** De la Tabla 7 y Figura 7 se puede apreciar que gracias a la adición de óxido de calcio (cal viva) se reduce la plasticidad del suelo (expresada por el índice de plasticidad IP) de una manera inversamente proporcional, es decir que a mayor porcentaje de óxido de calcio menor es la plasticidad del suelo, siendo la dosificación que obtuvo el mejor resultado el 9% de óxido de calcio.

### c) Índice de grupo (IG)

Para el cálculo del índice de grupo se hizo uso de los resultados de los ensayos de límite líquido y límite plástico expuestos anteriormente y se aplicó la expresión propuesta por el MTC (2014, p.38), la cual fue la siguiente:

$$IG = 0.2(a) + 0.005(ac) + 0.01(bd)$$

Donde: a = F-35; b = F-15; c = LL-40; d = IP-10

Observaciones:

- F viene a ser la fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras.
- Esta propiedad no posee un ensayo de laboratorio específico, puesto que utiliza los valores de LL e IP de los límites de Atterberg y el valor de F que se puede obtener del ensayo de análisis granulométrico.

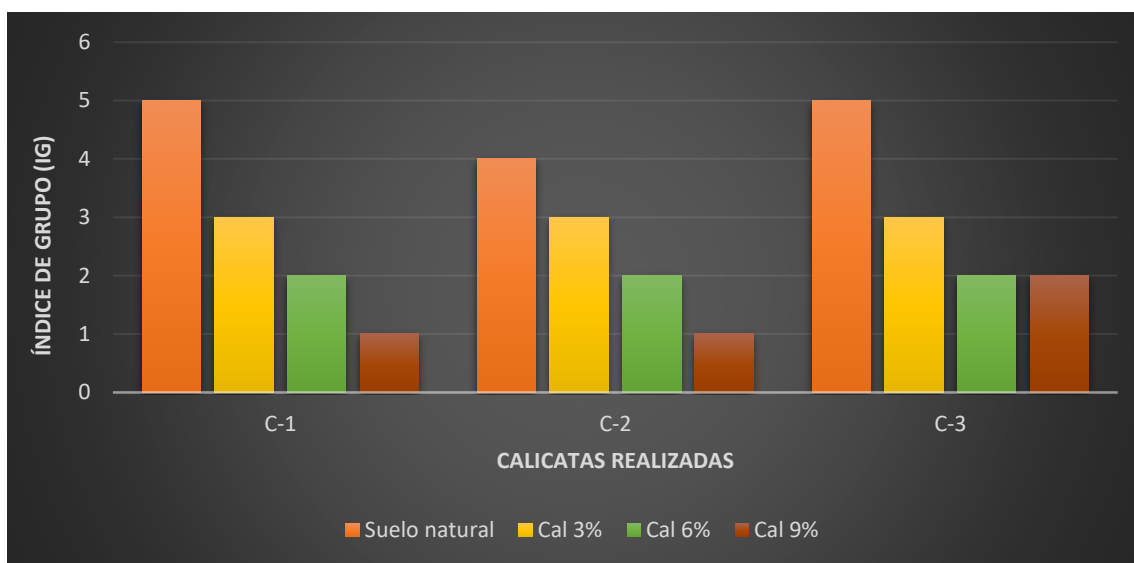
A continuación, se muestran los resultados para los índices de grupo (IG):

Tabla 14: Resultados del índice de grupo.

N°	Calicata	%Óxido de calcio	Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 (F)	LL (%)	LP (%)	IG
1	C-1	Suelo natural	61.48	36.38	12.59	5
		3%	58.24	33.47	13.22	3
		6%	50.35	28.14	16.39	2
		9%	46.29	23.58	17.67	1
2	C-2	Suelo natural	61.64	34.22	12.39	4
		3%	57.17	32.45	14.98	3
		6%	51.26	27.36	15.59	2
		9%	45.25	24.14	17.43	1
3	C-3	Suelo natural	62.58	33.38	12.14	5
		3%	59.22	28.48	14.56	3
		6%	51.64	24.86	15.45	2
		9%	43.68	22.85	18.17	2

Fuente: Propia.

Figura 9: Comparación del índice de grupo (IG).



Fuente: Propia.

**Interpretación:** De la Tabla 9 y Figura 9 se puede apreciar que gracias a la adición de óxido de calcio (cal viva) el índice de grupo tiende a disminuir de una manera inversamente proporcional, es decir que a mayor porcentaje de óxido de calcio menor será el valor del índice del grupo, siendo la dosificación que obtuvo el mejor resultado el 9% de óxido de calcio, puesto que de acuerdo al MTC mientras menor

sea el valor del índice del grupo menor será la plasticidad que presenta el suelo, siendo lo más óptimo el valor de  $IG = 1 - 2$ .

#### **d) Análisis granulométrico y clasificación del suelo**

Se hizo uso del Ensayo de Análisis granulométrico de suelos por tamizado (MTC E 107), el cual tuvo el siguiente procedimiento:

- Luego de obtener la muestra del suelo en campo fue necesario proceder (de una manera inmediata) a su secado para lo cual fue necesario colocarla al aire libre.
- Posteriormente, con el apoyo de un martillo de goma, fue posible llevar a cabo la desintegración de los terrones del suelo.
- Es importante mencionar que, en el tamiz N°40, el peso retenido fue de 500 gr.
- Asimismo, resulta imprescindible señalar que, respecto al tamiz N°4, el peso que pasó fue 65 gr. (ya que se trató de un suelo arcilloso).
- Posteriormente fue necesario llevar a cabo el lavado del suelo con la finalidad de poder separar las partículas de limos adheridas a las gravas, siendo después llevado a cabo el secado a 110 °C.
- Después fue necesario separar la muestra que se obtuvo en el tamiz N°4 en varias porciones para lo cual se hizo uso de los tamices que se encuentran estandarizados.
- Posteriormente fue pesada cada porción.
- Y finalmente, considerando también los resultados de los límites de Atterberg fue posible clasificar el suelo.

A continuación, se muestran los resultados para la clasificación del suelo estudiado en la presente investigación:

Tabla 15: Resultados de la clasificación del suelo por SUCS y AASHTO.



Calicata	% Óxido de calcio	Clasificación	
		SUCS	AASHTO
C-1	Suelo natural	CH	A-6
	3%	CH	A-6
	6%	CH	A-6
	9%	ML	A-4
C-2	Suelo natural	CH	A-6
	3%	CH	A-6
	6%	CH	A-6
	9%	ML	A-5
C-3	Suelo natural	CH	A-6
	3%	CH	A-6
	6%	ML	A-6
	9%	ML	A-5

**Interpretación:** En la Tabla 11 se puede apreciar que gracias a la adición de óxido de calcio el suelo llega a cambiar de clasificación SUCS del suelo para la dosificación de 9% de CaO, llegando a cambiar el suelo de una arcilla de alta plasticidad (CH), a un limo baja plasticidad (ML). Esto se debe a que la disminución de la plasticidad (IP) que produce la cal viva en el suelo hace que este presente un comportamiento más granular.

#### e) Equivalente de arena (EA)

Este es un ensayo que se encuentra establecido por la norma MTC E 114 para lo cual se emplearon probetas, varilla con lastre, tamiz y embudo. Se caracterizó por brindar resultados similares a los que se consiguieron por los límites de Atterberg. Sin embargo, se debe señalar que son menos precisos. Pero en contraposición se puede mencionar como una de sus ventajas el hecho de que son muy rápidos y al mismo tiempo fáciles de realizar

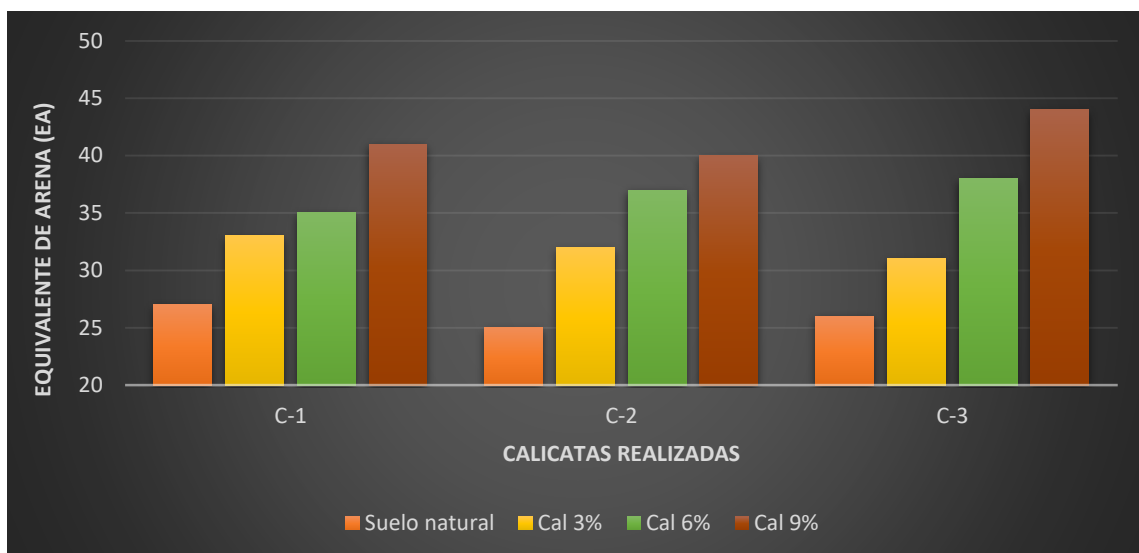
A continuación, se muestran los resultados del ensayo de equivalente de arena realizado en la presente investigación:

Tabla 16: Resultados del ensayo equivalente de arena.

N°	Calicata	%Óxido de calcio	Altura del nivel de material fino, mm (A1)	Altura de nivel de arena, mm (A2)	Equivalente de arena EA=(A2/A1)*100%
1	C-1	Suelo natural	12.8	3.5	27
		3%	11.5	3.7	33
		6%	11.3	3.9	35
		9%	10.9	4.4	41
2	C-2	Suelo natural	12.6	3.2	25
		3%	11.7	3.8	32
		6%	11.1	4.1	37
		9%	10.7	4.3	40
3	C-3	Suelo natural	12.9	3.3	26
		3%	11.6	3.6	31
		6%	11.0	4.2	38
		9%	10.9	4.8	44

Fuente: Propia.

Figura 10: Comparación del equivalente de arena (EA).



Fuente: Propia.

**Interpretación:** De la Tabla 8 y Figura 8 se puede apreciar que gracias a la adición de óxido de calcio (cal viva) se incrementa el valor del Equivalente de Arena de una manera directamente proporcional, es decir que a mayor porcentaje de óxido de calcio mayor es el valor del equivalente de arena, siendo la dosificación que obtuvo el mejor resultado el 9% de óxido de calcio, puesto que de acuerdo al MTC mientras mayor sea el valor del equivalente de arena (EA) menor será la plasticidad que presenta el suelo, siendo lo más óptimo el valor de EA > 40.

## **f) Capacidad de soporte (CBR)**

Se hizo uso del Ensayo para la determinación de la Capacidad de Soporte de un suelo CBR (MTC E 132), el cual tuvo el siguiente procedimiento:

- Se procede a secar las muestras a temperatura ambiente.
- Se procede a llevar a cabo la trituración de la muestra, para lo cual se hace uso de un mazo de goma.
- Resulta imprescindible mencionar que fue utilizada la porción de la muestra retenida por el tamiz 3/4".
- Se toma 5kg de muestra por cada molde CBR.
- La compactación se llevó a cabo en 5 capas, con 12,26 y 56 golpes por capa, y tomando en cuenta distintas humedades.
- Luego se quitó el collarín y se enrasó el espécimen.
- Después se procedió a desmontar el molde para después volverlo a montar invertido sin disco espaciador, siendo importante mencionar que se colocó un papel filtro entre el molde y la base.
- Posteriormente se procede a pesar la muestra, y asimismo, se determina su densidad así como también su humedad.
- Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y sobre esta los anillos necesarios para completar una sobrecarga mínima será de 10 lb.
- Es importante mencionar que luego de ello, se colocó el molde dentro de un tanque lleno de agua.
- Después fue colocado el trípode con un extensómetro y se tomó lectura inicial y cada 24 horas.
- Esto se mantuvo a lo largo de 4 días.
- Resulta imprescindible mencionar que en la etapa de penetración se aplica una sobrecarga necesaria para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con  $\pm 2.27$  kg de aproximación), pero menor de 4.54 kg.
- Se monta el dial medidor de manera que se puede medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 5 kg, para que el pistón asiente.

A continuación, se muestran los resultados del ensayo CBR realizado en la presente investigación:

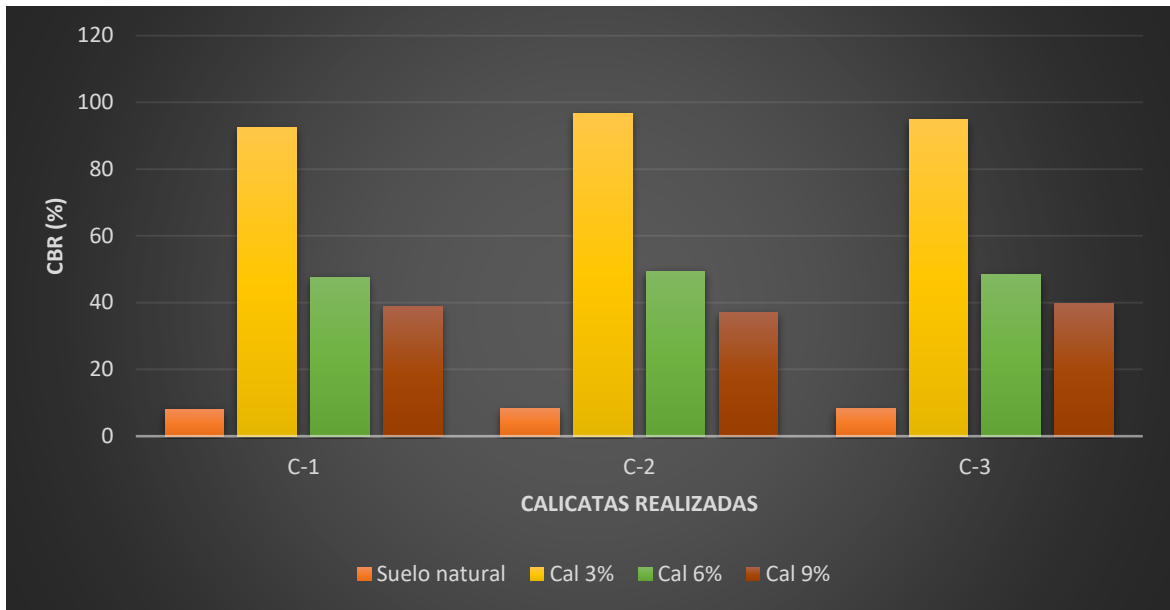
Tabla 17: Resultados del ensayo de %CBR.

Calicata	%Óxido de calcio	CBR		Expansión
		100% MDS	95% MDS	
C-1	Suelo natural	4.22	2.15	3.12%
	3%	92.48	61.14	0.84%
	6%	47.64	34.78	9.12%
	9%	38.78	26.15	11.85%
C-2	Suelo natural	4.35	2.38	3.48%
	3%	96.58	60.42	0.87%
	6%	49.47	37.59	9.24%
	9%	36.92	24.65	12.23%
C-3	Suelo natural	4.28	2.19	3.07%
	3%	94.87	58.47	0.82%
	6%	48.44	35.88	9.06%
	9%	39.56	25.27	11.68%

Fuente: Propia.

Figura 11: Comparación CBR de calicatas para distintas dosificaciones de óxido de calcio.





Fuente: Propia.

**Interpretación:** De la Tabla 12 y Figura 11 se puede apreciar que gracias a la adición de óxido de calcio (cal viva) se logra incrementar el valor del CBR, sin embargo, es importante mencionar que este incremento no es directamente proporcional, ya que se apreció que la dosificación más óptima fue 3% de óxido de calcio, puesto que a mayor dosificación es menor el incremento de la capacidad de soporte (CBR). Con el 3% de óxido de calcio se obtuvo un CBR de 92.48% el cual según el MTC viene a ser una subrasante excelente (CBR>30%).

### g) Módulo resiliente (Mr)

Para el cálculo del módulo resiliente se hizo uso de los resultados de los ensayos de CBR expuestos anteriormente y se aplicó la expresión propuesta por el MTC (2014, p.37), la cual fue la siguiente:

$$Mr (psi) = 2555 * CBR^{0.64}$$

A continuación, se muestran los resultados del ensayo CBR realizado en la presente investigación:

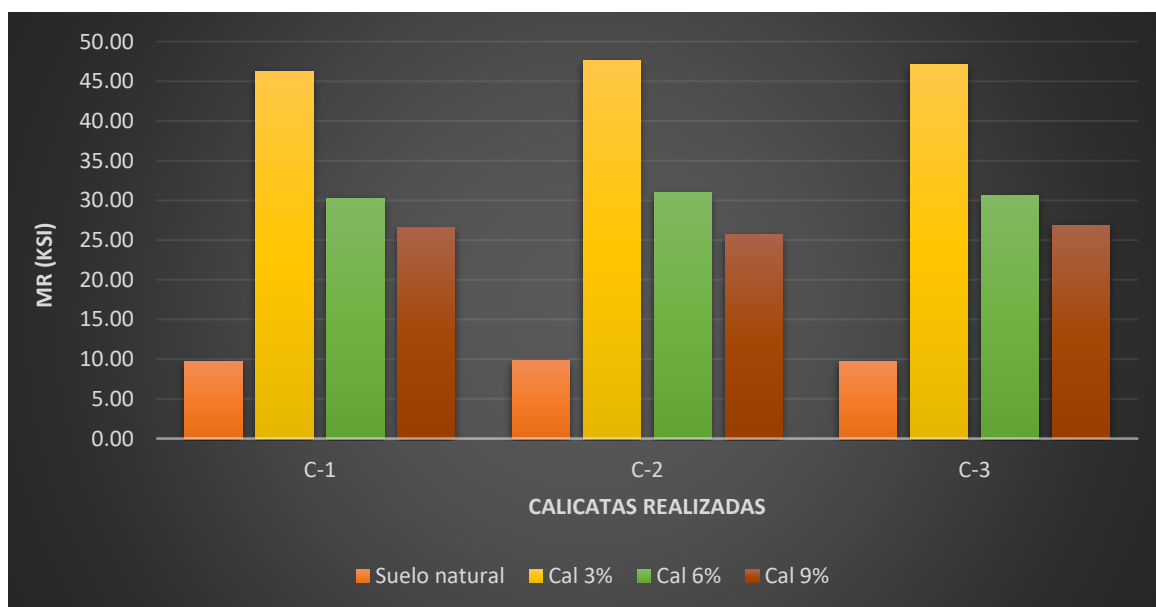


Tabla 18: Resultados del Módulo Resiliente.

Calicata	%Óxido de calcio	CBR	Mr (ksi) $Mr=2555 \cdot CBR^{0.64}$
C-1	Suelo natural	4.22	9.73
	3%	92.48	46.31
	6%	47.64	30.29
	9%	38.78	26.55
C-2	Suelo natural	4.35	9.84
	3%	96.58	47.61
	6%	49.47	31.03
	9%	36.92	25.73
C-3	Suelo natural	4.28	9.75
	3%	94.87	47.07
	6%	48.44	30.61
	9%	39.56	26.89

Fuente: Propia.

Figura 12: Comparación de Mr de calicatas para distintas dosificaciones de óxido de calcio.



Fuente: Propia.

**Interpretación:** De la Tabla 13 y Figura 12 se puede apreciar que gracias a la adición de óxido de calcio (cal viva) se logra incrementar el valor del Mr, sin embargo, es importante mencionar que este incremento no es directamente proporcional, ya que se apreció que la dosificación más óptima fue 3% de óxido de

calcio, puesto que a mayor dosificación es menor el incremento del módulo resiliente (Mr).

#### **h) Resumen de los resultados de laboratorio**

A continuación, se muestra un cuadro de resumen y comparativo de los resultados de los valores de todas las propiedades obtenidas para el suelo de la subrasante estudiada considerando las diferentes dosificaciones de cal. Todo ello se muestra en la Tabla 19.



Tabla 19: Resumen y cuadro comparativo de las propiedades del suelo de la subrasante obtenidas.

Calicata	%Óxido de calcio	Clasificación		Límites de Atterberg			EA	IG	Humedad natural	%CBR	Mr (ksi)
		SUCS	AASHTO	LL (%)	LP (%)	IP					
C-1	Suelo natural	CH	A-6	36.38	12.59	23.79	27	5	8.38	4.22	9.73
	3%	CH	A-6	33.47	13.22	20.25	33	3	8.12	92.48	46.31
	6%	CH	A-6	28.14	16.39	11.75	35	2	7.88	47.64	30.29
	9%	ML	A-4	23.58	17.67	5.91	41	1	7.52	38.78	26.55
C-2	Suelo natural	CH	A-6	34.22	12.39	21.83	25	4	8.47	4.35	9.84
	3%	CH	A-6	32.45	14.98	17.47	32	3	8.25	96.58	47.61
	6%	CH	A-6	27.36	15.59	11.77	37	2	7.92	49.47	31.03
	9%	ML	A-5	24.14	17.43	6.71	40	1	7.46	36.92	25.73
C-3	Suelo natural	CH	A-6	33.38	12.14	21.24	26	5	8.43	4.28	9.75
	3%	CH	A-6	28.48	14.56	13.92	31	3	8.14	94.87	47.07
	6%	ML	A-6	24.86	15.45	9.41	38	2	7.98	48.44	30.61
	9%	ML	A-5	22.85	18.17	4.68	44	2	7.57	39.56	26.89

Fuente: Propia.

## Análisis inferencial estadístico

### Prueba de normalidad

#### a) Para los datos de contenido de humedad

Prueba de normalidad para los resultados de los ensayos de contenido de humedad.

Pruebas de normalidad							
	Tipo de muestra	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Contenido de humedad	SN	0,196	3	.	0,996	3	0,878
	SC3%	0,333	3	.	0,862	3	0,274
	SC6%	0,219	3	.	0,987	3	0,780
	SC9%	0,191	3	.	0,997	3	0,900

Fuente: SPSS.

**Interpretación:** Se elige los resultados de la prueba Shapiro-Wilk, puesto que el número de elementos de la muestra fue menor a 50. Asimismo, como se puede apreciar todos los valores de la significancia (Sig.) resultaron ser mayores a 0.05 por lo cual se puede afirmar que son normales.

#### b) Para los datos del índice de plasticidad

Prueba de normalidad para los resultados de los ensayos de plasticidad.

Pruebas de normalidad							
	Tipo de muestra	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Índice de plasticidad	SN	0,301	3	.	0,912	3	0,426
	SC3%	0,199	3	.	0,995	3	0,866
	SC6%	0,382	3	.	0,756	3	0,064
	SC9%	0,222	3	.	0,985	3	0,768

Fuente: SPSS.

**Interpretación:** Se elige los resultados de la prueba Shapiro-Wilks, puesto que el número de elementos de la muestra fue menor a 50. Asimismo, como se puede apreciar todos los valores de la significancia (Sig.) resultaron ser mayores a 0.05 por lo cual se puede afirmar que son normales.

c) Para los datos del índice de grupo

Prueba de normalidad para los resultados del índice de grupo.

Pruebas de normalidad							
	Tipo de muestra	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Índice de grupo	SN	0,385	3	.	0,750	3	0,053
	SC3%	0,219	3	.	0,987	3	0,780
	SC6%	0,253	3	.	0,964	3	0,637
	SC9%	0,385	3	.	0,750	3	0,074

Fuente: SPSS.

**Interpretación:** Se elige los resultados de la prueba Shapiro-Wilks, puesto que el número de elementos de la muestra fue menor a 50. Asimismo, como se puede apreciar todos los valores de la significancia (Sig.) resultaron ser mayores a 0.05 por lo cual se puede afirmar que son normales.

d) Para los datos de equivalente de arena

Prueba de normalidad para los resultados del equivalente de arena.

Pruebas de normalidad							
	Tipo de muestra	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Equivalente de arena	SN	0,175	3	.	1,000	3	0,980
	SC3%	0,175	3	.	1,000	3	0,970
	SC6%	0,253	3	.	0,964	3	0,637
	SC9%	0,292	3	.	0,923	3	0,463

Fuente: SPSS.

**Interpretación:** Se elige los resultados de la prueba Shapiro-Wilks, puesto que el número de elementos de la muestra fue menor a 50. Asimismo, como se puede apreciar todos los valores de la significancia (Sig.) resultaron ser mayores a 0.05 por lo cual se puede afirmar que son normales.

e) Para los datos de CBR

Prueba de normalidad para los resultados de los ensayos de CBR.

Pruebas de normalidad							
	Tipo de muestra	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR	SN	0,187	3	.	0,998	3	0,915
	SC3%	0,210	3	.	0,991	3	0,818
	SC6%	0,222	3	.	0,985	3	0,768
	SC9%	0,271	3	.	0,947	3	0,557

Fuente: SPSS.

**Interpretación:** Se elige los resultados de la prueba Shapiro-Wilks, puesto que el número de elementos de la muestra fue menor a 50. Asimismo, como se puede apreciar todos los valores de la significancia (Sig.) resultaron ser mayores a 0.05 por lo cual se puede afirmar que son normales.

f) Para los datos de Módulo resiliente (Mr)

Prueba de normalidad para los resultados de Módulo resiliente.

Pruebas de normalidad							
	Tipo de muestra	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mr	SN	0,321	3	.	0,881	3	0,328
	SC3%	0,211	3	.	0,991	3	0,814
	SC6%	0,202	3	.	0,994	3	0,851
	SC9%	0,272	3	.	0,946	3	0,552

Fuente: SPSS.

**Interpretación:** Se elige los resultados de la prueba Shapiro-Wilks, puesto que el número de elementos de la muestra fue menor a 50. Asimismo, como se puede apreciar todos los valores de la significancia (Sig.) resultaron ser mayores a 0.05 por lo cual se puede afirmar que son normales.

Como todos resultados de los análisis de normalidad fueron normales, entonces se aplica la prueba paramétrica ANOVA-Tukey para contrastar las hipótesis.

## Prueba de ANOVA-Tukey

a) Para los datos de contenido de humedad

H0: Las medias poblacionales para los resultados del contenido de humedad son iguales.

H1: Las medias poblacionales para los resultados del contenido de humedad son distintas

Prueba de ANOVA-Tukey para los datos de contenido de humedad.

Descriptivos									
Contenido de humedad									
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	
					Límite inferior	Límite superior			
SN	3	8,4267	,04509	,02603	8,3147	8,5387	8,38	8,47	
SC3%	3	8,1700	,07000	,04041	7,9961	8,3439	8,12	8,25	
SC6%	3	7,9267	,05033	,02906	7,8016	8,0517	7,88	7,98	
SC9%	3	7,5167	,05508	,03180	7,3799	7,6535	7,46	7,57	
Total	12	8,0100	,35337	,10201	7,7855	8,2345	7,46	8,47	

Pruebas de homogeneidad de varianzas						
		Estadístico de Levene			Sig.	
Contenido de humedad	Se basa en	gl1	gl2			
	la media	0,408	3	8	0,751	
	la mediana	0,064	3	8	0,978	
	la mediana y con gl ajustado	0,064	3	5,235	0,977	
	la media recortada	0,373	3	8	0,775	

ANOVA					
Contenido de humedad					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1,349	3	0,450	143,851	0,001
Dentro de grupos	,025	8	0,003		
Total	1,374	11			

Fuente: SPSS.

**Interpretación:** Es importante mencionar que de acuerdo a lo mostrado en la tabla anterior el valor de la significancia entre los grupos fue menos de 0.05, por ello se tomó la decisión de rechazar H0 y, asimismo, se tomó la decisión de aceptar H1, siendo posible afirmarse que resultados del contenido de humedad provienen de poblaciones distintas. Esto comprueba que los valores de dicha propiedad difieren al suelo natural al ser estabilizado con óxido de calcio.



b) Para los datos de índice de plasticidad

H0: Las medias poblacionales para los resultados del índice de plasticidad son iguales.

H1: Las medias poblacionales para los resultados del índice de plasticidad son distintas

Prueba de ANOVA-Tukey para los resultados del índice de plasticidad.

Descriptivos								
Índice de plasticidad								
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
SN	3	22,2867	1,33493	0,77072	18,9705	25,6028	21,24	23,79
SC3%	3	17,2133	3,17280	1,83181	9,3317	25,0950	13,92	20,25
SC6%	3	10,9767	1,35681	0,78335	7,6062	14,3472	9,41	11,77
SC9%	3	5,7667	1,02256	0,59038	3,2265	8,3069	4,68	6,71
Total	12	14,0608	6,72305	1,94078	9,7892	18,3325	4,68	23,79

Pruebas de homogeneidad de varianzas						
Estadístico de Levene						
		gl1	gl2	Sig.		
Índice de plasticidad	Se basa en la media	1,425	3	8	0,305	
	Se basa en la mediana	0,812	3	8	0,522	
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,812	3	5,401	0,536	
	Se basa en la media recortada	1,386	3	8	0,316	

ANOVA					
Índice de plasticidad					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	467,724	3	155,908	42,322	0,002
Dentro de grupos	29,470	8	3,684		
Total	497,194	11			

Fuente: SPSS.

**Interpretación:** Es importante mencionar que de acuerdo a lo mostrado en la tabla anterior el valor de la significancia entre los grupos fue menos de 0.05, por ello se tomó la decisión de rechazar H0 y, asimismo, se tomó la decisión de aceptar H1, siendo posible afirmarse que resultados del índice de plasticidad provienen de poblaciones distintas. Esto comprueba que los valores de dicha propiedad difieren al suelo natural al ser estabilizado con óxido de calcio.

c) Para los datos de índice de grupo

H0: Las medias poblacionales para los resultados del índice de grupo son iguales.

H1: Las medias poblacionales para los resultados del índice de grupo son distintas

Prueba de ANOVA-Tukey para los resultados del índice de grupo.

Descriptivos								
Índice de grupo								
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
SN	3	4,6667	,57735	,33333	3,2324	6,1009	4,00	5,00
SC3%	3	2,7667	,25166	,14530	2,1415	3,3918	2,50	3,00
SC6%	3	1,8333	,15275	,08819	1,4539	2,2128	1,70	2,00
SC9%	3	1,1667	,28868	,16667	,4496	1,8838	1,00	1,50
Total	12	2,6083	1,40871	,40666	1,7133	3,5034	1,00	5,00

Pruebas de homogeneidad de varianzas					
Estadístico de Levene					
		gl1	gl2	Sig.	
Índice de grupo	Se basa en la media	3,735	3	8	0,060
	Se basa en la mediana	0,264	3	8	0,849
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,264	3	3,412	0,848
	Se basa en la media recortada	3,081	3	8	0,090

ANOVA					
Índice de grupo					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	20,823	3	6,941	55,159	0,001
Dentro de grupos	1,007	8	0,126		
Total	21,829	11			

Fuente: SPSS.

**Interpretación:** Es importante mencionar que de acuerdo a lo mostrado en la tabla anterior el valor de la significancia entre los grupos fue menos de 0.05, por ello se tomó la decisión de rechazar H0 y, asimismo, se tomó la decisión de aceptar H1, siendo posible afirmarse que resultados del índice de grupo provienen de poblaciones distintas. Esto comprueba que los valores de dicha propiedad difieren al suelo natural al ser estabilizado con óxido de calcio.

d) Para los datos de equivalente de arena

H0: Las medias poblacionales para los resultados del equivalente de arena son iguales.

H1: Las medias poblacionales para los resultados del equivalente de arena son distintas

Prueba de ANOVA-Tukey para los resultados del equivalente de arena.

Descriptivos								
Equivalente de arena								
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
SN	3	26,0000	1,00000	,57735	23,5159	28,4841	25,00	27,00
SC3%	3	32,0000	1,00000	,57735	29,5159	34,4841	31,00	33,00
SC6%	3	36,6667	1,52753	,88192	32,8721	40,4612	35,00	38,00
SC9%	3	41,6667	2,08167	1,20185	36,4955	46,8378	40,00	44,00
Total	12	34,0833	6,17117	1,78146	30,1624	38,0043	25,00	44,00

Pruebas de homogeneidad de varianzas						
		Estadístico de Levene			Sig.	
		gl1	gl2			
Equivalente de arena	Se basa en la media	1,173	3	8	0,379	
	Se basa en la mediana	0,306	3	8	0,821	
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,306	3	4,800	0,821	
	Se basa en la media recortada	1,093	3	8	0,406	

ANOVA					
Equivalente de arena					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	401,583	3	133,861	61,782	0,002
Dentro de grupos	17,333	8	2,167		
Total	418,917	11			

Fuente: SPSS.

**Interpretación:** Es importante mencionar que de acuerdo a lo mostrado en la tabla anterior el valor de la significancia entre los grupos fue menos de 0.05, por ello se tomó la decisión de rechazar H0 y, asimismo, se tomó la decisión de aceptar H1, siendo posible afirmarse que resultados del equivalente de arena provienen de poblaciones distintas. Esto comprueba que los valores de dicha propiedad difieren al suelo natural al ser estabilizado con óxido de calcio.

e) Para los datos de CBR

H0: Las medias poblacionales para los resultados del CBR son iguales.

H1: Las medias poblacionales para los resultados del CBR son distintas

Prueba de ANOVA-Tukey para los resultados del CBR.

Descriptivos								
CBR								
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
SN	3	4,2833	,06506	,03756	4,1217	4,4450	4,22	4,35
SC3%	3	94,6433	2,05938	1,18898	89,5276	99,7591	92,48	96,58
SC6%	3	48,5167	,91741	,52966	46,2377	50,7956	47,64	49,47
SC9%	3	38,4200	1,35632	,78307	35,0507	41,7893	36,92	39,56
Total	12	46,4658	33,73962	9,73979	25,0287	67,9030	4,22	96,58

Pruebas de homogeneidad de varianzas					
Estadístico de Levene					
		gl1	gl2	Sig.	
CBR	Se basa en la media	2,471	3	8	0,136
	Se basa en la mediana	1,362	3	8	0,322
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,362	3	4,575	0,362
	Se basa en la media recortada	2,394	3	8	0,144

ANOVA					
CBR					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	12508,128	3	4169,376	2407,782	0,000
Dentro de grupos	13,853	8	1,732		
Total	12521,981	11			

Fuente: SPSS.

**Interpretación:** Es importante mencionar que de acuerdo a lo mostrado en la tabla anterior el valor de la significancia entre los grupos fue menos de 0.05, por ello se tomó la decisión de rechazar H0 y, asimismo, se tomó la decisión de aceptar H1, siendo posible afirmarse que resultados del CBR provienen de poblaciones distintas. Esto comprueba que los valores de dicha propiedad difieren al suelo natural al ser estabilizado con óxido de calcio.

f) Para los datos de módulo resiliente

H0: Las medias poblacionales para los resultados del módulo resiliente son iguales.

H1: Las medias poblacionales para los resultados del módulo resiliente son distintas.

Prueba de ANOVA-Tukey para los datos de módulo resiliente.

Descriptivos								
Módulo resiliente								
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
SN	3	9,7733	,05859	,03383	9,6278	9,9189	9,73	9,84
SC3%	3	46,9967	,65310	,37706	45,3743	48,6190	46,31	47,61
SC6%	3	30,6433	,37112	,21427	29,7214	31,5653	30,29	31,03
SC9%	3	26,3900	,59632	,34429	24,9087	27,8713	25,73	26,89
Total	12	28,4508	13,84131	3,99564	19,6565	37,2452	9,73	47,61

Pruebas de homogeneidad de varianzas						
Estadístico de Levene						
Módulo resiliente		gl1	gl2	Sig.		
Módulo resiliente	Se basa en la media	2,067	3	8	0,183	
	Se basa en la mediana	1,020	3	8	0,433	
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,020	3	5,105	0,456	
	Se basa en la media recortada	1,990	3	8	0,194	

ANOVA					
Módulo resiliente					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2105,553	3	701,851	3040,620	0,001
Dentro de grupos	1,847	8	0,231		
Total	2107,400	11			

Fuente: SPSS.

**Interpretación:** Es importante mencionar que de acuerdo a lo mostrado en la tabla anterior el valor de la significancia entre los grupos fue menos de 0.05, por ello se tomó la decisión de rechazar H0 y, asimismo, se tomó la decisión de aceptar H1, siendo posible afirmarse que los resultados de módulo resiliente provienen de poblaciones distintas. Esto comprueba que los valores de dicha propiedad difieren al suelo natural al ser estabilizado con óxido de calcio.

## V. DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos se puede apreciar que la incorporación de óxido de calcio mejora todas las propiedades del suelo de la subrasante evaluadas (granulometría, plasticidad, equivalente de arena, contenido de humedad, índice de grupo, capacidad de soporte y módulo resiliente). Sin embargo, es importante mencionar que la dosificación óptima de cal resultó ser 3% puesto que a mayores dosificaciones las propiedades de capacidad de soporte y módulo resiliente comienzan a descender, Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Ávila (2021, p. 150) quien obtuvo que la estabilización química con óxido de calcio influye positivamente a mejorar las propiedades del suelo, obteniendo como porcentaje óptimo la adición del 3% de óxido de calcio en peso de suelo, siendo el CBR la propiedad que mejoró en mayor medida, con un incremento de 7.6% respecto al suelo natural.

Respecto a la propiedad de granulometría y clasificación de suelos se pudo apreciar de los resultados obtenidos en la presente investigación, que debido a la adición de óxido de calcio el suelo llega a cambiar de clasificación SUCS para la dosificación de 9% de CaO, llegando a cambiar de una arcilla de alta plasticidad (CH), a un limo de baja plasticidad (ML). Esto se debe a que la disminución de la plasticidad (IP) que produce la cal viva en el suelo hace que éste presente un comportamiento más granular, Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Chávez y Odar (2019, p. 96) quien obtuvo que el suelo natural arcilloso de tipo CL con la incorporación de óxido de calcio en una dosificación de 7% modificó su granulometría y adquirió una nueva clasificación de suelos SUSC convirtiéndose en un suelo de tipo ML, adquiriendo un comportamiento más granular.

Con respecto a la propiedad de plasticidad del suelo, en los resultados obtenidos en la presente investigación fue posible apreciar que mediante la adición de óxido de calcio (cal viva) se reduce la plasticidad del suelo (expresada por el índice de plasticidad IP) de una manera inversamente proporcional, es decir que a mayor porcentaje de óxido de calcio menor es la plasticidad del suelo, siendo la

dosificación que obtuvo el mejor resultado el 9% de óxido de calcio, resultando un el menor índice de plasticidad de 4.68%.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Quispe (2021, p. 71) quien obtuvo que la plasticidad del suelo se reduce conforme se incrementa la dosificación de óxido de calcio, obteniendo que para una subrasante tipo CL con 15 % de CaO se reduce el índice de plasticidad en 1.64 % (IP = 19.38%), con 20 % de CaO se reduce en 16.41 % (IP=16.47 %) y con 25 % se reduce en 16.93% (IP=16.10 %), en comparación al suelo existente que presentó un IP de 19.70 %.

Con respecto a la propiedad de equivalente de arena, de los resultados obtenidos se pudo apreciar que mediante la adición de óxido de calcio (cal viva) se incrementa el valor del Equivalente de Arena de una manera directamente proporcional, es decir que a mayor porcentaje de óxido de calcio mayor es el valor del equivalente de arena, siendo la dosificación que obtuvo el mejor resultado el 9% de óxido de calcio, puesto que de acuerdo al MTC mientras mayor sea el valor del equivalente de arena (EA) menor será la plasticidad que presenta el suelo, siendo lo más óptimo el valor de  $EA > 40$ .

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Calderón y Velosa (2017, p.15) quienes obtuvieron que a mayor incorporación de óxido de calcio se incrementa también el equivalente de arena, obteniendo el mejor resultado con una dosificación de 6% de cal viva, concordando estos resultados con los obtenidos por los límites de Atterberg, al tratarse de un suelo arcilloso.

Con respecto a la propiedad de índice de grupo (IG) se puede apreciar que mediante la adición de óxido de calcio (cal viva) el índice de grupo tiende a disminuir de una manera inversamente proporcional, es decir que a mayor porcentaje de óxido de calcio menor será el valor del índice del grupo, siendo la dosificación que obtuvo el mejor resultado el 9% de óxido de calcio, puesto que de acuerdo al MTC mientras menor sea el valor del índice del grupo menor será la plasticidad que presenta el suelo, siendo lo más óptimo el valor de  $IG = 1 - 2$ .

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Guamán (2016, p. 61) quien obtuvo que la incorporación de cal (óxido de calcio) disminuye el índice del grupo

del suelo arcilloso (de un IG=4 a un IG=2) produciendo que el suelo tenga menor plasticidad y confiriéndole un comportamiento más cercano a un material granular.

Con respecto a la propiedad de contenido de humedad se puede apreciar que mediante la adición de óxido de calcio (cal viva) el contenido de humedad tiende a disminuir de una manera inversamente proporcional, es decir que a mayor porcentaje de óxido de calcio menor será el contenido de humedad, siendo la dosificación que obtuvo el mejor resultado el 9% de óxido de calcio, puesto que de acuerdo al MTC mientras menor sea el valor del contenido de humedad menor será la plasticidad que presenta el suelo.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Angulo y Zavaleta (2020, p. 67) quien obtuvo que el contenido de humedad se reduce mientras más contenido de óxido de calcio se incorpore, obteniendo como dosificación óptima 6%, afirmando que la cal viva en contacto con el suelo arcilloso con humedad produce una explosión exotérmica, que eleva la temperatura, reduciendo la humedad después de un tiempo.

Con respecto a la propiedad de capacidad de soporte del suelo, expresada en el porcentaje de CBR, de los resultados obtenidos en la presente investigación fue posible apreciar que mediante la adición de óxido de calcio (cal viva) se logra incrementar el valor del CBR, sin embargo, es importante mencionar que este incremento no es directamente proporcional, ya que se apreció que la dosificación más óptima fue 3% de óxido de calcio, puesto que a mayor dosificación es menor el incremento de la capacidad de soporte (CBR). Con el 3% de óxido de calcio se obtuvo un CBR de 92.48% el cual según el MTC viene a ser una subrasante excelente (CBR>30%)

Estos resultados concuerdan con lo señalado por Ávila (2021, p. p. 47) obteniendo que el CBR mejoró en mayor medida adicionando el 3% de cal viva en peso de suelo, pasando de 63% a 67.8%, lo cual se traduce en un incremento de 7.6% respecto al suelo natural. Lamentablemente, a mayores dosificaciones (5% y 7%) se apreció una disminución del CBR.

Con respecto a la propiedad de modulo resiliente ( $M_r$ ), de los resultados obtenidos en la presente investigación fue posible apreciar que mediante la adición de óxido



de calcio (cal viva) se logra incrementar el valor del Mr (siendo el valor máximo 47.61 psi), sin embargo, es importante mencionar que este incremento no es directamente proporcional, ya que se apreció que la dosificación más óptima fue 3% de óxido de calcio, puesto que a mayor dosificación es menor el incremento del módulo resiliente (Mr).

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Chávez y Odar (2019) quien obtuvo que al incorporar mayor porcentaje de cal en peso seco del suelo se reduce el valor del Mr, pasando de un valor de 32.5 psi (para una dosificación de 7% de cal) a un valor de 25.5 psi (para una dosificación de 10% de cal).

## VI. CONCLUSIONES

Con respecto al objetivo general se concluye que la incorporación de óxido de calcio mejora todas las propiedades del suelo de la subrasante evaluadas (granulometría, plasticidad, equivalente de arena, contenido de humedad, índice de grupo, capacidad de soporte y módulo resiliente). Sin embargo, es importante mencionar que la dosificación óptima de cal resultó ser 3% puesto que a mayores dosificaciones las propiedades de capacidad de soporte y módulo resiliente comienzan a descender.

Con respecto al objetivo específico N°1 se concluye que la adición de óxido de calcio el suelo llega a cambiar de clasificación SUCS para la dosificación de 9% de CaO, llegando a cambiar de una arcilla de alta plasticidad (CH), a un limo baja plasticidad (ML). Esto se debe a que la disminución de la plasticidad (IP) que produce la cal viva en el suelo hace que éste presente un comportamiento más granular

Con respecto al objetivo específico N°2 se concluye que a la adición de óxido de calcio (cal viva) reduce la plasticidad del suelo (expresada por el índice de plasticidad IP) de una manera inversamente proporcional, a mayor porcentaje de óxido de calcio menor es la plasticidad del suelo, siendo la dosificación que obtuvo el mejor resultado el 9% de óxido de calcio, resultando un límite líquido de 22.85%, límite plástico de 18.17% y un índice de plasticidad de 4.68%.

Con respecto al objetivo específico N°3 se concluye que la adición de óxido de calcio (cal viva) incrementa el valor del Equivalente de Arena de una manera directamente proporcional, que a mayor porcentaje de óxido de calcio mayor es el valor del equivalente de arena, siendo la dosificación que obtuvo el mejor resultado el 9% de óxido de calcio, puesto que de acuerdo al MTC mientras mayor sea el valor del equivalente de arena (EA) menor será la plasticidad que presenta el suelo, siendo lo óptimo el valor de  $EA > 40$ .

Con respecto al objetivo específico N°4 se concluye que la adición de óxido de calcio (cal viva) índice de grupo tiende a disminuir de una manera inversamente proporcional, es decir que a mayor porcentaje de óxido de calcio menor será el valor

del índice del grupo, siendo la dosificación que obtuvo el mejor resultado el 9% de óxido de calcio, puesto que de acuerdo al MTC mientras menor sea el valor del índice del grupo menor será la plasticidad que presenta el suelo, siendo lo óptimo el valor de  $IG = 1 - 2$ .

Con respecto al objetivo específico N°5 se concluye que la adición de óxido de calcio (cal viva) el contenido de humedad tiende a disminuir de una manera inversamente proporcional, es decir que a mayor porcentaje de óxido de calcio menor será el contenido de humedad, siendo la dosificación que obtuvo el mejor resultado el 9% de óxido de calcio (7.46% de contenido de humedad), puesto que de acuerdo al MTC mientras menor sea el valor del contenido de humedad menor será la plasticidad que presenta el suelo.

Con respecto al objetivo específico N°6 se concluye que la adición de óxido de calcio (cal viva) se logra incrementar el valor del CBR, sin embargo, es importante mencionar que este incremento no es directamente proporcional, ya que se apreció que la dosificación más óptima fue 3% de óxido de calcio, puesto que a mayor dosificación es menor el incremento de la capacidad de soporte (CBR). Con el 3% de óxido de calcio se obtuvo un CBR de 92.48% el cual según el MTC viene a ser una subrasante excelente ( $CBR > 30\%$ ).

Con respecto al objetivo específico N°7 se concluye que con la adición de óxido de calcio (cal viva) se logra incrementar el valor del módulo resisiente ( $Mr$ ), sin embargo, es importante mencionar que al igual que en el caso del CBR, este incremento del  $Mr$  no es directamente proporcional, ya que se apreció que la dosificación más óptima fue 3% de óxido de calcio ( $Mr = 47.61$  ksi), puesto que a mayor dosificación es menor el incremento del módulo resiliente.

## VII. RECOMENDACIONES

objetivo general se recomienda emplear el óxido de calcio para mejorar las propiedades del suelo, pero en pequeñas cantidades, máximo en 3%, puesto que a mayores dosificaciones de cal viva el CBR comienza a descender, y lo que se busca en la práctica es obtener el mayor valor de CBR posible, puesto que este es el principal parámetro que rige la estabilización de suelos.

Con respecto al objetivo específico N°1 se recomienda realizar un estudio comparativo de la influencia del óxido de calcio con la influencia del cemento en la granulometría y clasificación de suelos con el fin de determinar cuál es el material más factible a emplearse para mejorar esta propiedad del suelo.

Con respecto al objetivo específico N°2 se recomienda evaluar en futuras investigaciones el límite de contracción del suelo con adición de óxido de cal, el cual complementa el estudio de los límites de Atterberg, ocurriendo este límite de contracción (retracción) cuando el suelo pasa de un estado semisólido a sólido y deja de contraerse al perder humedad.

Con respecto al objetivo específico N°3 se recomienda siempre realizar el ensayo de equivalente de arena para evaluar el contenido de finos y plasticidad del suelo, puesto que si bien es cierto este ensayo arroja resultados similares a los límites de Atterberg y en la práctica no suele ser muy empleado, de todas maneras, se recomienda su utilización como una manera de comprobar (verificar) la validez de los resultados obtenidos por los límites de Atterberg.

Con respecto al objetivo específico N°4, se recomienda realizar un estudio comparativo de la influencia del óxido de calcio y el cloruro de calcio para ver cuál de los dos materiales influye más en el cambio de índice de grupo del suelo, con el fin de determinar cuál es la opción más viable.

Con respecto al objetivo específico N°5, se recomienda siempre complementar el ensayo de contenido de humedad natural con el ensayo de Próctor Modificado, puesto que, si la humedad óptima obtenida de este ensayo es menor a la humedad natural, entonces será necesario proponer en campo aumentar la energía de compactación o reemplazar el material saturado.

Con respecto al objetivo específico N°6 se recomienda realizar un estudio comparativo entre el óxido de calcio (cal viva) y el hidróxido de calcio (cal muerta) con el fin de determinar cuál de los dos materiales brinda mejores resultados para mejorar el CBR de la subrasante.

Con respecto al objetivo específico N°7 se recomienda en los trabajos de estabilización de suelos con óxido de calcio, determinar el módulo resiliente mediante su ensayo respectivo y no empleando las correlaciones, cuando se trate de pavimentos nuevos (en lugares donde nunca se ha construido pavimentos) tal como establece el MTC, debido a que sus resultados son muy sensibles a los factores relacionados a las propiedades del suelo y procedimientos del ensayo CBR.

## REFERENCIAS

ABANTO Espinoza, Luis Carlos y SALINAS Sánchez, Eloy. Análisis de la estabilización de subrasantes con uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar y cal en el Perú. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Trujillo, Perú, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2021. 141 p.

AMAYA Navarrete, Mario Edgar. Estabilización de suelos superficiales del NAICM con óxido de calcio (CaO). Tesis (Maestría en Ingeniería). Ciudad de México, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2017. 89 p.

ARGANDOÑA Puma, Diego Armando y PALOMINO Blanco, Julio. Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del suelo obtenido de la Av. Kari Grande Vía Rumi Wasi – San Sebastián utilizado a nivel de subrasante en la Región Cusco, estabilizado con ceniza de cascara de arroz y cal en porcentajes 7%-5%, 12%-5% y 15%-5%; respectivamente. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cusco, Perú, Universidad Andina del Cusco, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2019. 207 p

ARRIETA, Mario Edgar et al. Óxido de calcio en la estabilización de suelos arcillosos. XXIX Reunión Nacional de Ingeniería Geotécnica. Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A.C. 2018. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/335193052\\_Oxido\\_de\\_calcio\\_en\\_la\\_estabilizacion\\_de\\_suelos\\_arcillosos](https://www.researchgate.net/publication/335193052_Oxido_de_calcio_en_la_estabilizacion_de_suelos_arcillosos)

ÁVILA Álvarez, Gerson Stiff. Mejoramiento de la subrasante de la vía afirmada de la carretera Huánuco-Marabamba mediante la adición de porcentajes de óxido de calcio-2019. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Huánuco, Perú, Universidad de Huánuco, Facultad de Ingeniería, 2021. 334 p.

BAENA Paz, Guillermina. Metodología de la Investigación. Ciudad de México, Grupo Editorial Patria, 2017, 141 p

BALDOVINO, Jair de Jesús Arrieta et al. Optimizing the evolution of strength for lime-stabilized rammed soil. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical

Engineering [en línea]. 2019, 11(4), 882–891. ISSN 1674-7755 [consultado el 27 de junio de 2022]. Disponible en: doi:10.1016/j.jrmge.2018.10.008

BEHNOOD, Ali. Soil and clay stabilization with calcium- and non-calcium-based additives: A state-of-the-art review of challenges, approaches and techniques. Transportation Geotechnics [en línea]. 2018, 17, 14–32. ISSN 2214-3912 [consultado el 27 de junio de 2022]. Disponible en: doi:10.1016/j.trgeo.2018.08.002

CABEZAS, Edison, ANDRADE, Diego y TORRES, Johana. Introducción a la Metodología de la Investigación Científica. Sangolquí, Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2018. 137 p

CASTILLO Parra, Byron Fernando. Estabilización de suelos arcillosos de Macas con valores de CBR menores al 5% y límites líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como subrasantes en carreteras. Tesis (Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transportes). Cuenca, Ecuador, Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, 2017. 149 p.

CHEN, Yulong et al. Shear deformation and failure of unsaturated sandy soils in surface layers of slopes during rainwater infiltration. Measurement [en línea]. 2020, 149, 107001. ISSN 0263-2241 [consultado el 1 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1016/j.measurement.2019.107001

CHENG, Yongzhen et al. Engineering and mineralogical properties of stabilized expansive soil compositing lime and natural pozzolans. Construction and Building Materials [en línea]. 2018, 187, 1031–1038. ISSN 0950-0618 [consultado el 27 de junio de 2022]. Disponible en: doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.08.061

CUADROS Surichaqui, Claudia María. Mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la Región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio – 2016. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Huancayo, Perú, Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería, 2017. 213 p.

DHAR, Subhradeep y Monowar HUSSAIN. The strength and microstructural behavior of lime stabilized subgrade soil in road construction. International Journal

of Geotechnical Engineering [en línea]. 2019, 1–13. ISSN 1939-7879 [consultado el 27 de junio de 2022]. Disponible en: doi:10.1080/19386362.2019.1598623

DÍAZ Córdova, Ricardo Ramiro y CARDOSO Huanci, Maymiguen. Diseño de pavimento a nivel de afirmado del camino vecinal SM-533 EMP.PE5N (Puente Tonchima)-EMP-SM-504 (Sector Shica) L=9+530 km, en los Distritos de Habana y Calzada, Provincia de Moyobamba, Región San Martín. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Tarapoto, Perú, Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, 2018. 101 p.

ERCOLI, M. et al. Integrated GPR and laboratory water content measures of sandy soils: From laboratory to field scale. *Construction and Building Materials* [en línea]. 2018, 159, 734–744. ISSN 0950-0618 [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1016/j.conbuildmat.2017.11.082

GUAMÁN Iler, Israel Isaías. Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio). Tesis (Título de Ingeniero Civil). Ambato, Ecuador, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil, 2017. 138 p.

HASRIANA et al. Bearing capacity improvement of soft soil subgrade layer with Bio Stabilized *Bacillus Subtilis*. *MATEC Web of Conferences* [en línea]. 2018, 181, 01001. ISSN 2261-236X [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1051/mateconf/201818101001

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. Ciudad de México, Editorial McGraw-Hill, 2014. 613 p

HU, Jun et al. Engineering characteristics and reinforcement approaches of organic sandy soil. *Advances in Civil Engineering* [en línea]. 2018, 2018, 1–12. ISSN 1687-8094 [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1155/2018/7203907

HU, Jilei, Qihua CHEN y Huabei LIU. Relationship between earthquake-induced uplift of rectangular underground structures and the excess pore water pressure ratio in saturated sandy soils. *Tunnelling and Underground Space Technology* [en línea]. 2018, 79, 35–51. ISSN 0886-7798 [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1016/j.tust.2018.04.039



JALAL, Fazal E. et al. On the Recent Trends in Expansive Soil Stabilization Using Calcium-Based Stabilizer Materials (CSMs): A Comprehensive Review. *Advances in Materials Science and Engineering* [en línea]. 2020, 2020, 1–23. ISSN 1687-8442 [consultado el 27 de junio de 2022]. Disponible en: doi:10.1155/2020/1510969

JIANG et al. Analysis of Strength Development and Soil–Water Characteristics of Rice Husk Ash–Lime Stabilized Soft Soil. *Materials* [en línea]. 2019, 12(23), 3873. ISSN 1996-1944 [consultado el 27 de junio de 2022]. Disponible en: doi:10.3390/ma12233873

KHAJEH, Aghileh et al. An experimental investigation on geotechnical properties of a clayey soil stabilised with lime and zeolite in base and subbase courses. *Road Materials and Pavement Design* [en línea]. 2021, 1–18. ISSN 2164-7402 [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1080/14680629.2021.1997789

LÓPEZ Sumarriva, José Johel y ORTIZ Pinares, Grely. Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la Ciudad de Abancay. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Abancay, Perú, Universidad Tecnológica de los Andes, Facultad de Ingeniería, 2018. 94 p

LU, Junfu et al. Macro-Micromechanical Properties of Sandy Pebble Soil of Different Coarse-Grained Content. *Earth Sciences Research Journal* [en línea]. 2018, 22(1), 65–71. ISSN 2339-3459 [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.15446/esrj.v22n1.66105

MÁRQUEZ Martínez, Diana Karolina. Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito La Encantada, Provincia de Morropón – Piura 2019. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Piura, Perú, Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería, 2019. 78 p.

MARTÍN Mayo, Ruth y MORALES Velásquez, Tatiana. Análisis comparativo entre los aditivos oxido de calcio y cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de suelos arcillosos – Huánuco 2019. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Huánuco, Perú, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, 2019. 151 p.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC). Manual de diseño geométrico de carreteras. 2018 [fecha de consulta: 30 de marzo de 2022]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/manuales.html](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html)

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC). Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos. 2014 [fecha de consulta: 30 de marzo de 2022]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/manuales.html](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html)

MISIR, Gizem y Mustafa LAMAN. Estimating the bearing capacity of single reinforced granular fill overlying clay. *Geotextiles and Geomembranes* [en línea]. 2018, 46(6), 817–829. ISSN 0266-1144 [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1016/j.geotexmem.2018.07.012

OGUAGHAMBA, O. A., F. O. OKAFOR y V. C. ANOKWUTE. Application of Scheffe's Model for stabilization of Amuro-okigwe subgrade using male inflorescence of oil palm ash. *Nigerian Journal of Technology* [en línea]. 2019, 38(1), 60. ISSN 2467-8821 [consultado el 1 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.4314/njt.v38i1.9

PARRA Gómez, Manuel Gerardo. Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Bogotá, Colombia, Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, 2018. 81 p.

PITUELLO, C. et al. Effects of biochar on the dynamics of aggregate stability in clay and sandy loam soils. *European Journal of Soil Science* [en línea]. 2018, 69(5), 827–842. ISSN 1351-0754 [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1111/ejss.12676

POONI, J. et al. Durability of enzyme stabilized expansive soil in road pavements subjected to moisture degradation. *Transportation Geotechnics* [en línea]. 2019, 21, 100255. ISSN 2214-3912 [consultado el 1 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1016/j.trgeo.2019.100255

QUISPE Moreno, Franco Tito. Evaluación del óxido de calcio para estabilizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante del Jirón Carlos

Sowersby, Distrito de Carhuamayo, Junín – Junín. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Huancayo, Perú, Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería, 2021. 147 p.

QUISPE Serrano, Esperanza y SAÑAC Vilca, Magaly. Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de subrasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Abancay, Perú, Universidad Tecnológica de los Andes, Facultad de Ingeniería, 2019. 119 p.

RAMOS Vásquez, Juan David y LOZANO Gómez, Juan Pablo. Estabilización de suelo mediante aditivos alternativos. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Bogotá, Colombia, Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, 2019. 79 p.

SRIRAM KARTHICK RAJA, P. y T. THYAGARAJ. Effect of short-term sulphate contamination on lime-stabilized expansive soil. *International Journal of Geotechnical Engineering* [en línea]. 2019, 1–13. ISSN 1939-7879 [consultado el 27 de junio de 2022]. Disponible en: doi:10.1080/19386362.2019.1641665

TALEB BAHMED, Ismehen et al. Prediction of geotechnical properties of clayey soils stabilised with lime using artificial neural networks (ANNs). *International Journal of Geotechnical Engineering* [en línea]. 2017, 13(2), 191–203. ISSN 1939-7879 [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1080/19386362.2017.1329966

TIWARI, Nitin y Neelima SATYAM. An experimental study on the behavior of lime and silica fume treated coir geotextile reinforced expansive soil subgrade. *Engineering Science and Technology, an International Journal* [en línea]. 2020, 23(5), 1214–1222. ISSN 2215-0986 [consultado el 1 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1016/j.jestch.2019.12.006

VARGAS, Gabriela et al. The effect of four calcium-based amendments on soil aggregate stability of two sandy topsoils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* [en línea]. 2018, 182(2), 159–166. ISSN 1436-8730 [consultado el 27 de junio de 2022]. Disponible en: doi:10.1002/jpln.201700562

WANG, Yixian et al. Behavior of Fiber-Reinforced and Lime-Stabilized Clayey Soil in Triaxial Tests. *Applied Sciences* [en línea]. 2019, 9(5), 900. ISSN 2076-3417 [consultado el 27 de junio de 2022]. Disponible en: [doi:10.3390/app9050900](https://doi.org/10.3390/app9050900)

## **ANEXOS**

### Anexo 1: Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGÍA
GENERAL	GENERAL	GENERAL				
¿De qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en las propiedades de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022?	Evaluar de qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en las propiedades de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.	La incorporación de óxido de calcio influye significativamente en las propiedades de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> Óxido de calcio	Dosificación	Adición de cal viva 3% en peso del suelo	<b>Enfoque:</b> Cuantitativo.  <b>Diseño de investigación:</b> Experimental.  <b>Población:</b> La carretera no pavimentada Pazos – Huaribamba  <b>Muestra:</b> 03 Calicatas de la carretera pazos - Huaribamba
					Adición de cal viva 6% en peso del suelo	
					Adición de cal viva 9% en peso del suelo	
				Características físicas de la cal	Finura	
Densidad						
Plasticidad						
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS				<b>Tipo de investigación:</b> Aplicada.
PE1:	OE1:	HE1:	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> Propiedades de subrasante estabilizada	Granulometría	Tamaño de partículas	Aplicada.
¿De qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en la <b>granulometría</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022?	Determinar cómo la incorporación de óxido de calcio influye en la <b>granulometría</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.	La incorporación de óxido de calcio influye significativamente en la <b>granulometría</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.				<b>Nivel de investigación:</b> Explicativa-correlacional
PE2:	OE2:	HE2:		Plasticidad	Límite líquido	<b>Técnica:</b> Observación experimental
¿De qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en la <b>plasticidad</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022?	Determinar cómo la incorporación de óxido de calcio influye en la <b>plasticidad</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.	La incorporación de óxido de calcio influye significativamente en la <b>plasticidad</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.			Límite plástico	<b>Instrumentos:</b> Fichas técnicas
					Índice de plasticidad	

PE3:	OE3:	HE3:		
¿De qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en el <b>equivalente de arena</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022?	Determinar cómo la incorporación de óxido de calcio influye en el <b>equivalente de arena</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.	La incorporación de óxido de calcio influye significativamente en el <b>equivalente de arena</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.		Equivalente de arena
PE4:	OE4:	HE4:		
¿De qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en el <b>índice de grupo</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022?	Determinar cómo la incorporación de óxido de calcio influye en el <b>índice de grupo</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.	La incorporación de óxido de calcio influye significativamente en el <b>índice de grupo</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.		Índice de Grupo
PE5:	OE5:	HE5:		
¿De qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en la <b>humedad natural</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022?	Determinar cómo la incorporación de óxido de calcio influye en la <b>humedad natural</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.	La incorporación de óxido de calcio influye significativamente en la <b>humedad natural</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.		Humedad natural
PE6:	OE6:	HE6:		
¿De qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en la <b>clasificación del suelo</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022?	Determinar cómo la incorporación de óxido de calcio influye en la <b>clasificación del suelo</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.	La incorporación de óxido de calcio influye significativamente en la <b>clasificación del suelo</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.		Clasificación del suelo
PE7:	OE7:	HE7:		
¿De qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en la <b>capacidad de soporte</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022?	Determinar cómo la incorporación de óxido de calcio influye en la <b>capacidad de soporte</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.	La incorporación de óxido de calcio influye significativamente en la <b>capacidad de soporte</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.		Capacidad de soporte
PE8:	OE8:	HE8:		
				Módulo resiliente
				Contenido de polvo fino nocivo o material arcilloso
				Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200
				Límite líquido
				Índice de plasticidad
				Contenido de humedad
				Tamaño de partículas
				Límite líquido
				Límite plástico
				Índice de plasticidad
				%CBR
				Mr (ksi)

<p>¿De qué manera la incorporación de óxido de calcio influye en el <b>módulo resiliente</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022?</p>	<p>Determinar cómo la incorporación de óxido de calcio influye en el <b>módulo resiliente</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.</p>	<p>La incorporación de óxido de calcio influye significativamente en el <b>módulo resiliente</b> de la subrasante de la vía no pavimentada Pazos - Huaribamba, Huancavelica, 2022.</p>				
--	---	--	--	--	--	--





## Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>INDEPENDIENTE</b> Óxido de calcio.	Conocido también como cal viva es un polvo sólido y blanco que al mezclarse con el suelo ayuda a mejorar su capacidad de soporte, resistencia a los agentes atmosféricos y la estabilidad volumétrica (MARTÍN y MORALES, 2019, p. 41).	Polvo blanco de peso específico 3.40 gr/cm <sup>3</sup> que será mezclado con el suelo de la subrasante en dosificaciones de 3%, 6% y 9% en peso de suelo.	Dosificación	Adición de cal viva 3% en peso del suelo.	Formato de ensayo de análisis granulométrico de los agregados (MTC EM 107)	RAZÓN
				Adición de cal viva 6% en peso del suelo.	Formato de ensayo de análisis granulométrico de los agregados (MTC EM 107)	RAZÓN
				Adición de cal viva 9% en peso del suelo.	Formato de ensayo de análisis granulométrico de los agregados (MTC EM 107)	RAZÓN
			Características físicas de la cal	Finura	Ficha técnica	RAZÓN
				Densidad	Ficha técnica	RAZÓN
				Plasticidad	Ficha técnica	RAZÓN
<b>DEPENDIENTE</b> Propiedades de subrasante estabilizada	Son aquellas propiedades que evalúan el comportamiento del suelo de la subrasante al construirse el pavimento (MTC, 2014, p. 36).	Propiedades que evalúan el suelo de la subrasante, para predecir su comportamiento al construirse el pavimento, siendo de acuerdo al MTC ocho propiedades: granulometría, plasticidad, equivalente de arena, índice de grupo, humedad natural, clasificación del suelo, capacidad de soporte y módulo resiliente. Las cuales se determinan empleando ensayos	Granulometría	Tamaño de partículas	Formato de ensayo de análisis granulométrico (MTC EM 107)	RAZÓN
			Plasticidad	Límite líquido	Formato de ensayo de límites de Atterberg (MTC EM 110, MTC EM 111 y MTC EM 112)	RAZÓN
				Límite plástico		
				Índice de plasticidad		
			Equivalente de arena	Contenido de polvo fino nocivo o material arcilloso	Formato de ensayo de equivalente de arena (MTC EM 114)	RAZÓN
			Índice de Grupo	Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200	Formato de ensayo de análisis granulométrico (MTC EM 107)	RAZÓN
				Límite líquido	Formato de ensayo de límites de Atterberg (MTC EM 110, MTC EM 111 y MTC EM 112)	RAZÓN
				Índice de plasticidad		
Humedad natural	Contenido de humedad	Formato de ensayo de humedad natural (MTC EM 108)	RAZÓN			

		de mecánica de suelos.	Clasificación del suelo	Tamaño de partículas	Formato de ensayo de análisis granulométrico (MTC EM 107)	RAZÓN
				Límite líquido	Formato de ensayo de límites de Atterberg (MTC EM 110, MTC EM 111 y MTC EM 112)	RAZÓN
				Límite plástico		
			Índice de plasticidad			
			Capacidad de soporte	%CBR	Formato de ensayo de CBR (MTC EM 132)	RAZÓN
Módulo resiliente	Mr (ksi)	Formato de ensayo de Módulo resiliente (MTC EM 128)	RAZÓN			

## Anexo 3: Validación de Instrumentos

		<b>VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO FORMATO DE ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA</b>												
<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>														
<b>Tesis:</b>		"Evaluación de propiedades de subrasante estabilizada con óxido de calcio para vía no pavimentada Pazos – Huaribamba, Huancavelica, 2022"												
<b>Autor:</b>		Bach. Martín Saavedra Chávez.												
<b>Fecha:</b>		29/05/2022												
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.	Claridad												X	
2.	Objetividad													X
3.	Actualidad											X		
4.	Organización											X		
5.	Suficiencia											X		
6.	Intencionalidad													X
7.	Consistencia												X	
8.	Coherencia												X	
9.	Metodología												X	
10.	Pertinencia												X	
<b>APORTES Y/O SUGERENCIAS:</b>														
-----														
-----														
<b>PROMEDIO DE VALORACIÓN:</b>		95%												
<b>LUEGO DE REVISAR EL INSTRUMENTO:</b>														
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PROCEDE SU APLICACIÓN <input checked="" type="checkbox"/></li> <li>• DEBE CORREGIR <input type="checkbox"/></li> </ul>														
<b>NOMBRE DEL ESPECIALISTA:</b>		Mg. Ing. Yancarlos Michel Quispe Pimentel												
<b>N° CIP:</b>		233542												
<b>FIRMA Y SELLO:</b>														

**Tesis:** "Evaluación de propiedades de subrasante estabilizada con óxido de calcio para vía no pavimentada Pazos – Huaribamba, Huancavelica, 2022"

**Autor:** Bach. Martín Saavedra Chávez.

**Fecha:** 29/05/2022

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Esta formulada con lenguaje comprensible.												X	
2. Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.												X	
4. Organización	Existe una organización lógica.												X	
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.													X
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												X	

**APORTES Y/O SUGERENCIAS:**

-----

-----

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

95%

**LUEGO DE REVISAR EL INSTRUMENTO:**

- PROCEDE SU APLICACIÓN
- DEBE CORREGIR

X

**NOMBRE DEL ESPECIALISTA:**

Mg. Ing. Elmer Quahualucho Troncoso

N° CIP: 229961

**FIRMA Y SELLO:**


  
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ  
 CIRCULAR REGIONAL CUSCO  
 Ing. Elmer Quahualucho Troncoso  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 229961

**Tesis:** "Evaluación de propiedades de subrasante estabilizada con óxido de calcio para vía no pavimentada Pazos – Huaribamba, Huancavelica, 2022"

**Autor:** Bach. Martín Saavedra Chávez.

**Fecha:** 29/05/2022

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Esta formulada con lenguaje comprensible.												X	
2. Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.												X	
4. Organización	Existe una organización lógica.												X	
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												X	
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												X	

**APORTES Y/O SUGERENCIAS:**

-----  
-----

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

95%

**LUEGO DE REVISAR EL INSTRUMENTO:**

• PROCEDE SU APLICACIÓN

• DEBE CORREGIR

**NOMBRE DEL ESPECIALISTA:**

Dr. Ing. Roberto Acuña Huamán

**N° CIP:** 149476

**FIRMA Y SELLO:**

  
**ROBERTO ACUÑA HUAMAN**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 149476

**Tesis:** "Evaluación de propiedades de subrasante estabilizada con óxido de calcio para vía no pavimentada Pazos – Huaribamba, Huancavelica, 2022"

**Autor:** Bach. Martín Saavedra Chávez.

**Fecha:** 29/05/2022

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
11. Claridad	Esta formulada con lenguaje comprensible.													X
12. Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
13. Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.													X
14. Organización	Existe una organización lógica.													X
15. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.													X
16. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.													X
17. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
18. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
19. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
20. Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.													X

**APORTES Y/O SUGERENCIAS:**

-----

-----

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

95%

**LUEGO DE REVISAR EL INSTRUMENTO:**

- PROCEDE SU APLICACIÓN
- DEBE CORREGIR

**NOMBRE DEL ESPECIALISTA:**

Mg. Ing. Elmer Quahualucho Troncoso

**N° CIP:** 229961

**FIRMA Y SELLO:**

  
 Ing. Elmer Quahualucho Troncoso  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 229961

**Tesis:** "Evaluación de propiedades de subrasante estabilizada con óxido de calcio para vía no pavimentada Pazos – Huaribamba, Huancavelica, 2022"

**Autor:** Bach. Martín Saavedra Chávez.

**Fecha:** 29/05/2022

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Esta formulada con lenguaje comprensible.													X
2. Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.												X	
4. Organización	Existe una organización lógica.													X
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												X	
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												X	

**APORTES Y/O SUGERENCIAS:**

-----  
-----

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

95%

**LUEGO DE REVISAR EL INSTRUMENTO:**

• PROCEDE SU APLICACIÓN

• DEBE CORREGIR

**NOMBRE DEL ESPECIALISTA:**

Dr. Ing. Roberto Acuña Huamán

**N° CIP:** 149476

**FIRMA Y SELLO:**



**ROBERTO ACUÑA HUAMAN**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 149476

**Tesis:** "Evaluación de propiedades de subrasante estabilizada con óxido de calcio para vía no pavimentada Pazos – Huaribamba, Huancavelica, 2022"

**Autor:** Bach. Martín Saavedra Chávez.

**Fecha:** 29/05/2022

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
21. Claridad	Esta formulada con lenguaje comprensible.												X	
22. Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
23. Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.												X	
24. Organización	Existe una organización lógica.												X	
25. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												X	
26. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												X	
27. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
28. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
29. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
30. Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												X	

**APORTES Y/O SUGERENCIAS:**

-----

-----

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

95%

**LUEGO DE REVISAR EL INSTRUMENTO:**

- PROCEDE SU APLICACIÓN
- DEBE CORREGIR

**NOMBRE DEL ESPECIALISTA:**

Mg. Ing. Yancarlos Michel Quispe Pimentel


**N° CIP:** 233542

**FIRMA Y SELLO:**

  
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ  
 CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO  
 Ing. Yancarlos Michel Quispe Pimentel  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 233542



#### Anexo 4: Instrumentos empleados - formatos.

 <b>FORMATO DE ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD</b>																																												
<b>MTC EM 108</b>																																												
<b>PROYECTO:</b>	<b>TESIS:</b> "EVALUACIÓN DE PROPIEDADES DE SUBRASANTE ESTABILIZADA CON ÓXIDO DE CALCIO PARA VÍA NO PAVIMENTADA PAZOS – HUARIBAMBA, HUANCAMELICA, 2022"																																											
<b>AUTOR:</b>	BACH. MARTIN SAAVEDRA CHÁVEZ																																											
DATOS DE LA MUESTRA																																												
DISTRITO:	FECHA DE MUESTREO:																																											
PROVINCIA:	CANTERA:																																											
DEPARTAMENTO:	TIPO DE MATERIAL:																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Calicata</th> <th>% Óxido de calcio</th> <th>Contenido de humedad (%)</th> <th>Variación (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">C-1</td> <td>Suelo natural</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="4">C-2</td> <td>Suelo natural</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="4">C-3</td> <td>Suelo natural</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9%</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Calicata	% Óxido de calcio	Contenido de humedad (%)	Variación (%)	C-1	Suelo natural			3%			6%			9%			C-2	Suelo natural			3%			6%			9%			C-3	Suelo natural			3%			6%			9%		
Calicata	% Óxido de calcio	Contenido de humedad (%)	Variación (%)																																									
C-1	Suelo natural																																											
	3%																																											
	6%																																											
	9%																																											
C-2	Suelo natural																																											
	3%																																											
	6%																																											
	9%																																											
C-3	Suelo natural																																											
	3%																																											
	6%																																											
	9%																																											
<b>OBSERVACIONES:</b>																																												
<hr/> <hr/>																																												
<b>NOMBRE DEL LABORATORIO:</b>	<b>FIRMA Y SELLO:</b>																																											
<b>RESPONSABLE DEL LABORATORIO:</b>																																												



## FORMATO DE ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA

**MTC E114 / ASTM D2419 / NTP 339.146**

**PROYECTO:** TESIS: "EVALUACIÓN DE PROPIEDADES DE SUBRASANTE ESTABILIZADA CON ÓXIDO DE CALCIO PARA VÍA NO PAVIMENTADA PAZOS – HUARIBAMBA, HUANCVELICA, 2022"

**AUTOR:** BACH. MARTÍN SAAVEDRA CHÁVEZ

### DATOS DE LA MUESTRA

DISTRITO:		FECHA DE MUESTREO:	
PROVINCIA:		CANTERA:	
DEPARTAMENTO:		TIPO DE MATERIAL:	

Calicata	%Óxido de calcio	Altura del nivel de material fino, mm (A1)	Altura de nivel de arena, mm (A2)	Equivalente de arena EA=(A2/A1)*100%
C-1	Suelo natural			
	3%			
	6%			
	9%			
C-2	Suelo natural			
	3%			
	6%			
	9%			
C-3	Suelo natural			
	3%			
	6%			
	9%			

$$(EA\%) = \frac{A2}{A1} * 100\%$$

**OBSERVACIONES:**

---



---

**NOMBRE DEL LABORATORIO:**

**FIRMA Y SELLO:**

**RESPONSABLE DEL LABORATORIO:**

## Anexo 4: Ensayos de laboratorio

### Ensayo equivalente de arena.

RAZÓN SOCIAL : C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.  
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca-Huancayo-Junín  
CELULAR : 947895993  
E-MAIL : c3ingenieriaespecializada@gmail.com



#### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N°: 1788-2022  
Solicita: Bach. Martín Saavedra Chávez  
Proyecto: Tesis: “Evaluación de propiedades de subrasante estabilizada con óxido de calcio para vía no pavimentada Pazos – Huaribamba, Huancavelica, 2022”  
Ubicación: Huaribamba, Huancavelica  
Fecha de emisión: 02-06-22

#### REPORTE DE ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA

#### MTC EM 114

Calicata	%Óxido de calcio	Altura del nivel de material fino, mm (A1)	Altura de nivel de arena, mm (A2)	Equivalente de arena $EA=(A2/A1)*100\%$
C-1	Suelo natural	12.8	3.5	27
	3%	11.5	3.7	33
	6%	11.3	3.9	35
	9%	10.9	4.4	41
C-2	Suelo natural	12.6	3.2	25
	3%	11.7	3.8	32
	6%	11.1	4.1	37
	9%	10.7	4.3	40
C-3	Suelo natural	12.9	3.3	26
	3%	11.6	3.6	31
	6%	11.0	4.2	38
	9%	10.9	4.8	44

Notas:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no debe reproducirse sin la autorización escrita por el laboratorio, salvo que su reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex.



INGENIERÍA DE CALIDAD

Fuente: C3 Ingeniería Especializada S.A.C.

## Ensayo de contenido de humedad.

**RAZÓN SOCIAL** : C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.  
**DIRECCIÓN** : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca-Huancayo-Junín  
**CELULAR** : 947895993  
**E-MAIL** : c3ingenieriaespecializada@gmail.com



### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N°: 1789-2022  
Solicita: Bach. Martín Saavedra Chávez  
Proyecto: Tesis: "Evaluación de propiedades de subrasante estabilizada con óxido de calcio para vía no pavimentada Pazos – Huaribamba, Huancavelica, 2022"  
Ubicación: Huaribamba, Huancavelica  
Fecha de emisión: 02-06-22

### REPORTE DE ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD

#### MTC EM 108

Calicata	% Óxido de calcio	Contenido de humedad (%)	Variación (%)
C-1	Suelo natural	8.38	-
	3%	8.12	-3.10
	6%	7.88	-5.97
	9%	7.52	-10.26
C-2	Suelo natural	8.47	-
	3%	8.25	-2.60
	6%	7.92	-6.49
	9%	7.46	-11.92
C-3	Suelo natural	8.43	-
	3%	8.14	-3.44
	6%	7.98	-5.33
	9%	7.57	-10.20

Notas:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no debe reproducirse sin la autorización escrita por el laboratorio, salvo que su reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamaní Salazar Omar Alex.



INGENIERÍA DE CALIDAD

Fuente: C3 Ingeniería Especializada S.A.C.

## Ensayo de análisis granulométrico – Calicata C-1.

**RAZÓN SOCIAL** : C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.  
**DIRECCIÓN** : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca-Huancayo-Junín  
**CELULAR** : 947895993  
**E-MAIL** : c3ingenieriaespecializada@gmail.com



### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

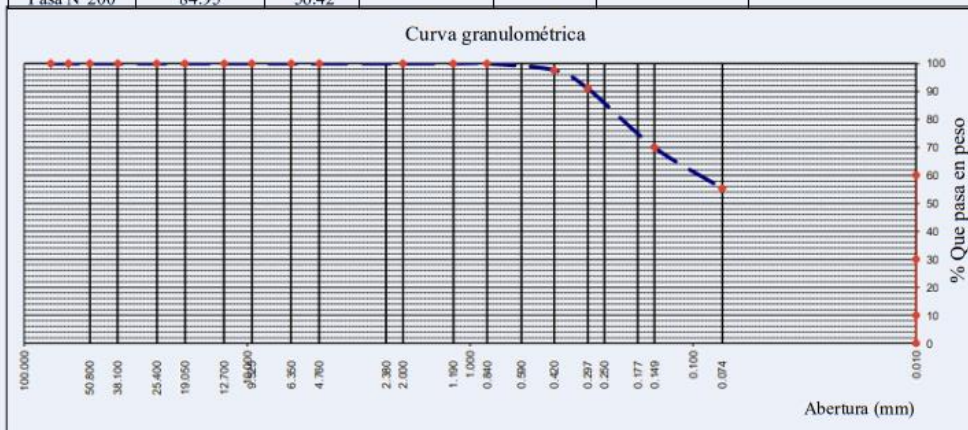
**Expediente** N°: 1789-2022  
**Solicita:** Bach. Martín Saavedra Chávez  
**Proyecto:** Tesis: "Evaluación de propiedades de subrasante estabilizada con óxido de calcio para vía no pavimentada Pazos – Huaribamba, Huancavelica, 2022"  
**Ubicación:** Huaribamba, Huancavelica  
**Fecha de emisión:** 02-06-22

### REPORTE DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (MTC EM 107)

**Datos de campo:**

**Calicata:** C-1  
**Progresiva:** Km 2+300 carretera Pazos - Huaribamba

Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones	Observaciones:
2 1/2"						L. Líquido: 36.38
2"						L. Plástico: 12.59
1 1/2"						Ind. Plástico: 23.79
1"						Clas. SUCS: CH
3/4"						Clas. AASHTO: A-6
1/2"						
3/8"						
1/4"						
N°4						
N°8						
N°10				100.00		
N°20	0.08	0.05	0.05	99.95		
N°40	3.48	2.28	2.34	97.66		
N°50	9.92	6.51	8.84	91.16		
N°100	31.95	20.96	29.80	70.20		
N°200	22.08	14.48	44.28	55.72		
Pasa N°200	84.95	56.42				



Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex.



**INGENIERÍA DE CALIDAD**

Fuente: C3 Ingeniería Especializada S.A.C.

## Ensayo de análisis granulométrico – Calicata C-2.

**RAZÓN SOCIAL** : C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.  
**DIRECCIÓN** : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca-Huancayo-Junín  
**CELULAR** : 947895993  
**E-MAIL** : c3ingenieriaespecializada@gmail.com



### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

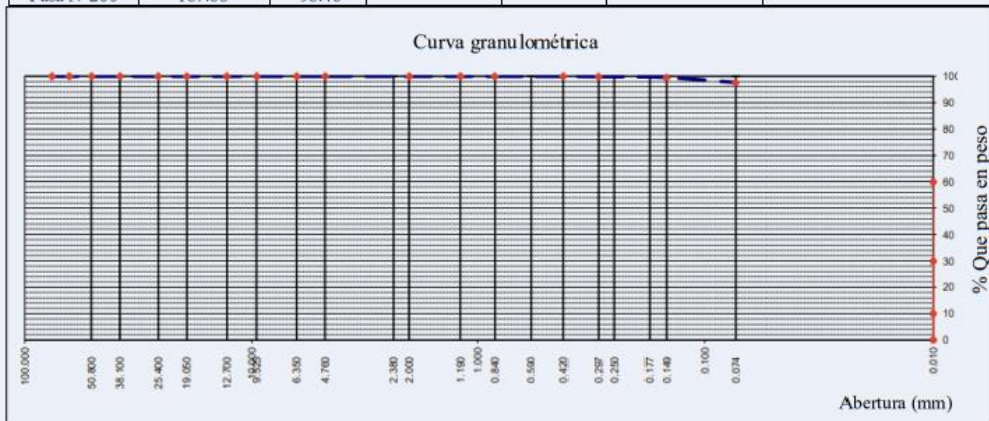
**Expediente** N°: 1789-2022  
**Solicita:** Bach. Martín Saavedra Chávez  
**Proyecto:** Tesis: "Evaluación de propiedades de subrasante estabilizada con óxido de calcio para vía no pavimentada Pazos – Huaribamba, Huancavelica, 2022"  
**Ubicación:** Huaribamba, Huancavelica  
**Fecha de emisión:** 02-06-22

### REPORTE DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (MTC EM 107)

**Datos de campo:**

**Calicata:** C-2  
**Progresiva:** Km 2+750 carretera Pazos - Huaribamba

Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones	Observaciones:
2 1/2"						L. Líquido: 34.22
2"						L. Plástico: 12.39
1 1/2"						Ind. Plástico: 21.83
1"						Clas. SUCS: CH
3/4"						Clas. AASHTO: A-6
1/2"						
3/8"						
1/4"						
N°4						
N°8						
N°10						
N°20				100.00		
N°40	0.07	0.04	0.04	99.96		
N°50	0.19	0.10	0.14	99.86		
N°100	0.62	0.33	0.47	99.53		
N°200	3.75	2.00	2.47	97.53		
Pasa N°200	187.68	98.46				




Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex.



**INGENIERÍA DE CALIDAD**

Fuente: C3 Ingeniería Especializada S.A.C.

# Ensayo de CBR de calicata C-1 – hoja 1.

<b>RAZÓN SOCIAL</b>	: C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.	
<b>DIRECCIÓN</b>	: Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca-Huancayo-Junín	
<b>CELULAR</b>	: 947895993	
<b>E-MAIL</b>	: c3ingenieriaspecializada@gmail.com	

---

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N°: 1792-2022  
 Solicita: Bach. Martín Saavedra Chávez  
 Proyecto: Tesis: "Evaluación de propiedades de subrasante estabilizada con óxido de calcio para vía no pavimentada Pazos – Huaribamba, Huancavelica, 2022"  
 Ubicación: Huaribamba, Huancavelica  
 Fecha de emisión: 07-06-22

**REPORTE DE ENSAYO DE CBR (MTC E 132)**

**Datos de campo:**  
 Calicata: C-1  
 Progresiva: Km 2+300 carretera Pazos - Huaribamba

Molde	N°	5		17		27	
Capas	N°	5		5		5	
Golpes por capa	N°	12		25		56	
Condición de muestra		Hum. Óptima	Saturado	Hum. Óptima	Saturado	Hum. Óptima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12280	12968	12553	13200	12864	13299
Peso del molde	Gr.	8506	8506	8558	8558	8649	8649
Volúmen del suelo	c.c.	2146	2146	2160	2160	2132	2132
Peso del suelo húmedo	Gr.	3774	4462	3995	4642	4215	4650
Densidad húmeda	Gr/c.c.	<b>1.758</b>	<b>2.079</b>	<b>1.849</b>	<b>2.149</b>	<b>1.977</b>	<b>2.181</b>

**HUMEDAD**

N° de Recipiente	N°	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	98.77	90.57	107.46	101.46	90.72	94.89
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	91.49	81.24	99.50	92.20	83.38	85.93
Peso de la Recipiente	Gr.	46.87	45.88	52.03	50.33	39.53	48.25
Peso del agua	Gr.	7.28	9.33	7.96	9.26	7.34	8.96
Peso del suelo seco	Gr.	44.62	35.36	47.47	41.87	43.85	37.68
Humedad	%	16.32	26.39	16.77	22.12	16.74	23.78
Densidad seca	Gr/c.c.	<b>1.512</b>	<b>1.645</b>	<b>1.584</b>	<b>1.760</b>	<b>1.693</b>	<b>1.762</b>

**EXPANSION**


Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %
2 de Junio del 2022	06:15	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
3 de Junio del 2022	05:20	1	0.307	6.73	0.393	8.61	0.348	7.63
4 de Junio del 2022	06:00	2	0.347	0.88	0.413	0.44	0.442	2.06
5 de Junio del 2022	04:20	3	0.351	0.09	0.418	0.11	0.478	0.79
6 de Junio del 2022	03:30	4	0.353	0.04	0.420	0.04	0.480	0.04

**PENETRACION**

Penetración Pulgadas	Penetración m.m	Carga		Carga		Carga	
		Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2
0.025	0.63	8.8	0.45	12.3	0.63	16.4	0.84
0.050	1.27	15.9	0.81	19.5	0.99	28.1	1.43
0.075	1.90	21.1	1.07	25.3	1.29	38.4	1.96
0.100	2.54	25.5	1.30	30.2	1.54	46.3	2.36
0.150	3.81	32.5	1.65	37.8	1.92	58.7	2.99
0.200	5.08	38.8	1.98	44.7	2.28	69.1	3.52
0.250	6.35	44.5	2.27	50.3	2.56	78.6	4.00
0.300	7.62	49.4	2.52	56.8	2.89	87.5	4.46

<b>ANILLO</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>SOBRECARGA</b>	<b>K =</b>	<b>19.64 cm2</b>
---------------	------------------	-------------------	------------	------------------

Realizado y revisado por el Ing. Huamaní Salazar Omar Alex.




**INGENIERÍA DE CALIDAD**

Fuente: C3 Ingeniería Especializada S.A.C.

## Ensayo de CBR de calicata C-1 – hoja 2.

**RAZÓN SOCIAL** : C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.  
**DIRECCIÓN** : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca-Huancayo-Junín  
**CELULAR** : 947895993  
**E-MAIL** : c3ingenieriaespecializada@gmail.com



---

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

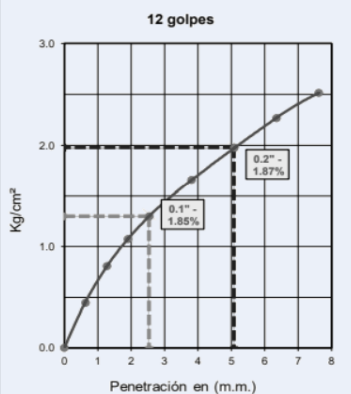
Expediente N°: 1792-2022  
 Solicita: Bach. Martín Saavedra Chávez  
 Proyecto: Tesis: "Evaluación de propiedades de subrasante estabilizada con óxido de calcio para vía no pavimentada Pazos – Huaribamba, Huancavelica, 2022"  
 Ubicación: Huaribamba, Huancavelica  
 Fecha de emisión: 07-06-22

**REPORTE DE ENSAYO DE CBR (MTC E 132)**

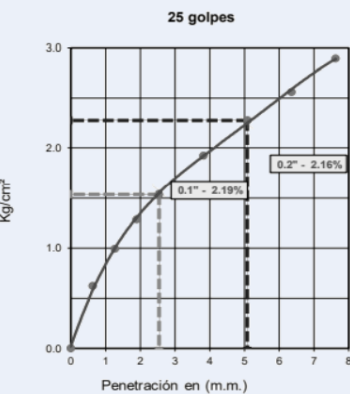
**Datos de campo:**  
 Calicata: C-1  
 Progresiva: Km 2+300 carretera Pazos - Huaribamba  
 Datos de Proctor:  
 MDS: 1673 kg/cm3  
 WO%: 16.56%

Razón de Soporte de California CBR (ASTM D1883)		
Condición de la Muestra:	4 días de saturación	
Sobrecarga	10.00 lbs.	
Hinchamiento promedio	9.08%	
CBR	100%MDS	95%MDS
0.1"	4.22	2.15
0.2"		

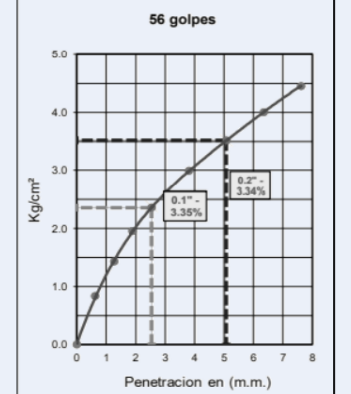
**12 golpes**



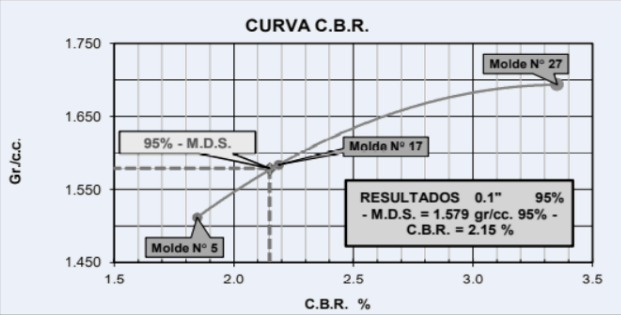
**25 golpes**



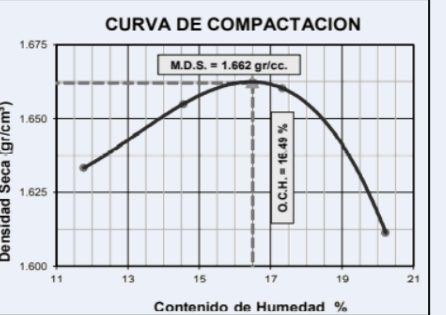
**56 golpes**




**CURVA C.B.R.**



**CURVA DE COMPACTACION**



Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex.



**INGENIERÍA DE CALIDAD**

Fuente: C3 Ingeniería Especializada S.A.C.



# Ensayo de CBR de calicata C-2 – hoja 1.

**RAZÓN SOCIAL** : C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.  
**DIRECCIÓN** : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca-Huancayo-Junín  
**CELULAR** : 947895993  
**E-MAIL** : c3ingenieriaespecializada@gmail.com



## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**Expediente** N°: 1793-2022  
**Solicitante:** Bach. Martín Saavedra Chávez  
**Proyecto:** Tesis: "Evaluación de propiedades de subrasante estabilizada con óxido de calcio para vía no pavimentada Pazos – Huaribamba, Huancavelica, 2022"  
**Ubicación:** Huaribamba, Huancavelica  
**Fecha de emisión:** 07-06-22

## REPORTE DE ENSAYO DE CBR (MTC E 132)

**Datos de campo:**

**Calicata:** C-2  
**Progresiva:** Km 2+750 carretera Pazos - Huaribamba

Molde	N°	10	17	27			
Capas	N°	5	5	5			
Golpes por capa	N°	12	25	56			
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12619	12924	12661	12846	12860	12942
Peso del molde	Gr.	8693	8693	8558	8558	8649	8649
Volúmen del suelo	c.c.	2125	2125	2162	2162	2134	2134
Peso del suelo húmedo	Gr.	3926	4231	4103	4288	4211	4293
Densidad húmeda	Gr/c.c.	<b>1.848</b>	<b>1.991</b>	<b>1.898</b>	<b>1.983</b>	<b>1.973</b>	<b>2.012</b>

### HUMEDAD

N° de Recipiente	N°	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	108.63	99.80	92.70	105.14	89.82	98.26
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	99.86	89.61	85.88	95.19	83.36	90.08
Peso de la Recipiente	Gr.	51.37	48.89	48.26	45.61	47.82	45.82
Peso del agua	Gr.	8.77	10.19	6.82	9.95	6.46	8.18
Peso del suelo seco	Gr.	48.49	40.72	37.62	49.58	35.54	44.26
Humedad	%	18.09	25.02	18.13	20.07	18.18	18.48
Densidad seca	Gr/c.c.	<b>1.565</b>	<b>1.593</b>	<b>1.606</b>	<b>1.652</b>	<b>1.670</b>	<b>1.698</b>

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %
2 de Junio del 2022	06:15	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
3 de Junio del 2022	05:20	1	0.185	4.05	0.142	3.11	0.074	1.62
4 de Junio del 2022	06:00	2	0.193	0.18	0.190	1.05	0.100	0.57
5 de Junio del 2022	04:20	3	0.195	0.04	0.208	0.39	0.112	0.26
6 de Junio del 2022	03:30	4	0.199	0.09	0.231	0.50	0.127	0.33

### PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetración m.m	Carga		Carga		Carga	
		Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2
0.025	0.63	8.8	0.45	10.7	0.54	15.7	0.80
0.050	1.27	14.5	0.74	20.2	1.03	31.5	1.60
0.075	1.90	18.8	0.96	27.3	1.39	45.1	2.30
0.100	2.54	22.7	1.16	34.8	1.77	58.4	2.97
0.150	3.81	29.5	1.50	45.4	2.31	81.9	4.17
0.200	5.08	33.9	1.73	55.8	2.84	104.9	5.34
0.250	6.35	36.9	1.88	63.7	3.24	125.9	6.41
0.300	7.62	38.6	1.97	70.8	3.60	145.5	7.41
<b>ANILLO</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>SOBRECARGA</b>		<b>K =</b>		<b>19.64 cm2</b>	

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex.



**INGENIERÍA DE CALIDAD**

Fuente: C3 Ingeniería Especializada S.A.C.

## Ensayo de CBR de calicata C-2 – hoja 2.

**RAZÓN SOCIAL** : C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.  
**DIRECCIÓN** : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca-Huancayo-Junín  
**CELULAR** : 947895993  
**E-MAIL** : c3ingenieriaespecializada@gmail.com



### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

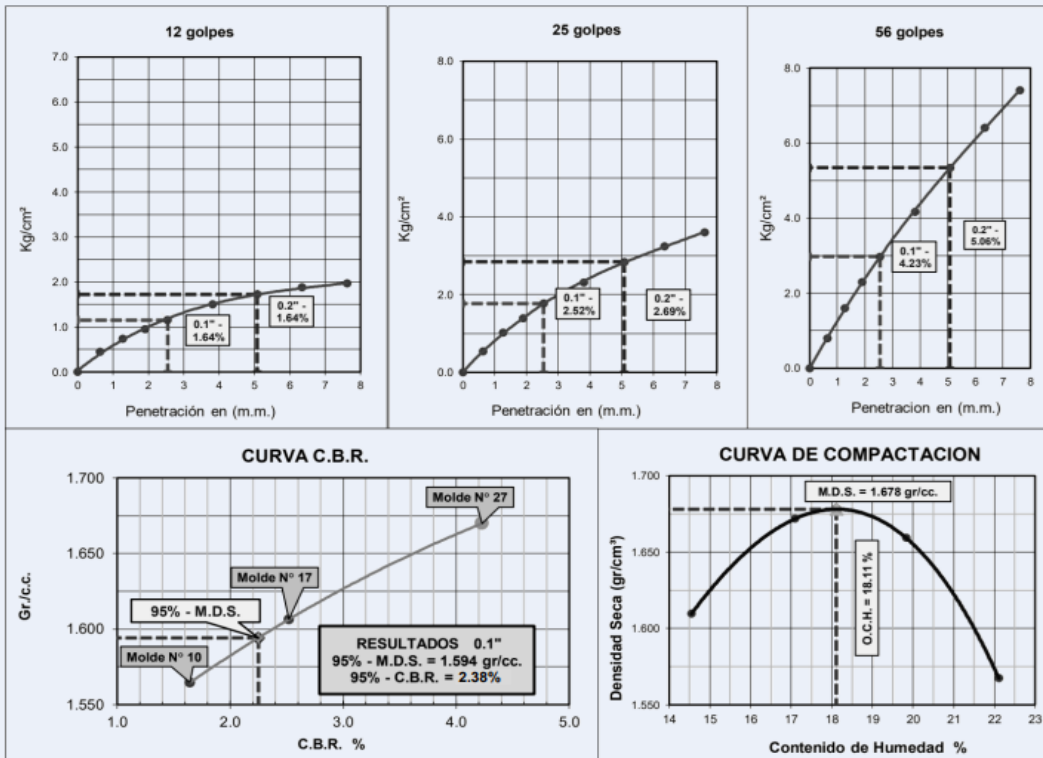
**Expediente** N°: 1793-2022  
**Solicita:** Bach. Martín Saavedra Chávez  
**Proyecto:** Tesis: "Evaluación de propiedades de subrasante estabilizada con óxido de calcio para vía no pavimentada Pazos – Huaribamba, Huancavelica, 2022"  
**Ubicación:** Huaribamba, Huancavelica  
**Fecha de emisión:** 07-06-22

#### REPORTE DE ENSAYO DE CBR (MTC E 132)

**Datos de campo:**

**Calicata:** C-2  
**Progresiva:** Km 2+750 carretera Pazos - Huaribamba  
**Datos de Proctor:**  
**MDS:** 1673 kg/cm<sup>3</sup>  
**WO%:** 16.42%

Razón de Soporte de California CBR (ASTM D1883)		
Condición de la Muestra:		4 días de saturación
Sobrecarga		10.00 lbs.
Hinchamiento promedio		4.24%
CBR	100%MDS	95%MDS
0.1"	4.35	2.38
0.2"		



Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex.



**INGENIERÍA DE CALIDAD**

Fuente: C3 Ingeniería Especializada S.A.C.

## Ensayo de CBR de calicata C-3 – hoja 1.

**RAZÓN SOCIAL** : C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.  
**DIRECCIÓN** : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca-Huancayo-Junín  
**CELULAR** : 947895993  
**E-MAIL** : c3ingenieriaespecializada@gmail.com



### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**Expediente** N°: 1794-2022  
**Solicita:** Bach. Martín Saavedra Chávez  
**Proyecto:** Tesis: "Evaluación de propiedades de subrasante estabilizada con óxido de calcio para vía no pavimentada Pazos – Huaribamba, Huancavelica, 2022"  
**Ubicación:** Huaribamba, Huancavelica  
**Fecha de emisión:** 07-06-22

### REPORTE DE ENSAYO DE CBR (MTC E 132)

**Datos de campo:**

**Calicata:** C-3  
**Progresiva:** Km 3+200 carretera Pazos - Huaribamba

Molde	N°	1		9		23	
Capas	N°	5		5		5	
Golpes por capa	N°	12		25		56	
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12517	12877	12863	13127	13275	13418
Peso del molde	Gr.	8542	8542	8518	8518	8654	8654
Volúmen del suelo	c.c.	2132	2132	2160	2160	2132	2132
Peso del suelo húmedo	Gr.	3975	4335	4345	4609	4621	4764
Densidad húmeda	Gr/c.c.	<b>1.864</b>	<b>2.033</b>	<b>2.011</b>	<b>2.134</b>	<b>2.167</b>	<b>2.234</b>

#### HUMEDAD

N° de Recipiente	N°	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	100.31	115.08	100.55	103.79	107.25	122.90
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	94.92	103.33	95.92	96.17	100.06	112.06
Peso de la Recipiente	Gr.	45.98	40.42	52.02	39.64	37.47	48.83
Peso del agua	Gr.	5.39	11.75	4.63	7.62	7.19	10.84
Peso del suelo seco	Gr.	48.94	62.91	43.90	56.53	62.59	63.23
Humedad	%	11.01	18.68	10.55	13.48	11.49	17.14
Densidad seca	Gr/c.c.	<b>1.679</b>	<b>1.713</b>	<b>1.819</b>	<b>1.880</b>	<b>1.944</b>	<b>1.907</b>

#### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %
2 de Junio del 2022	06:15	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
3 de Junio del 2022	05:20	1	0.152	3.33	0.161	3.53	0.093	2.04
4 de Junio del 2022	06:00	2	0.155	0.07	0.186	0.55	0.125	0.70
5 de Junio del 2022	04:20	3	0.157	0.04	0.191	0.11	0.145	0.44
6 de Junio del 2022	03:30	4	0.158	0.02	0.194	0.07	0.159	0.31

#### PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetración m.m	Carga		Carga		Carga	
		Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2
0.025	0.63	7.6	0.39	8.8	0.45	16.7	0.85
0.050	1.27	12.3	0.63	19.4	0.99	32.7	1.66
0.075	1.90	16.3	0.83	27.4	1.40	49.0	2.49
0.100	2.54	19.6	1.00	32.7	1.66	67.7	3.45
0.150	3.81	21.4	1.09	40.9	2.08	105.7	5.38
0.200	5.08	24.7	1.26	48.6	2.47	144.7	7.37
0.250	6.35	27.6	1.41	55.5	2.83	180.6	9.20
0.300	7.62	30.3	1.54	62.3	3.17	213.9	10.89

<b>ANILLO</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>SOBRECARGA</b>	<b>K = 19.64 cm2</b>
---------------	------------------	-------------------	----------------------

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex.



**INGENIERÍA DE CALIDAD**

Fuente: C3 Ingeniería Especializada S.A.C.

## Ensayo de CBR de calicata C-3 – hoja 2.

**RAZÓN SOCIAL** : C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.  
**DIRECCIÓN** : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca-Huancayo-Junín  
**CELULAR** : 947895993  
**E-MAIL** : c3ingenieriaespecializada@gmail.com



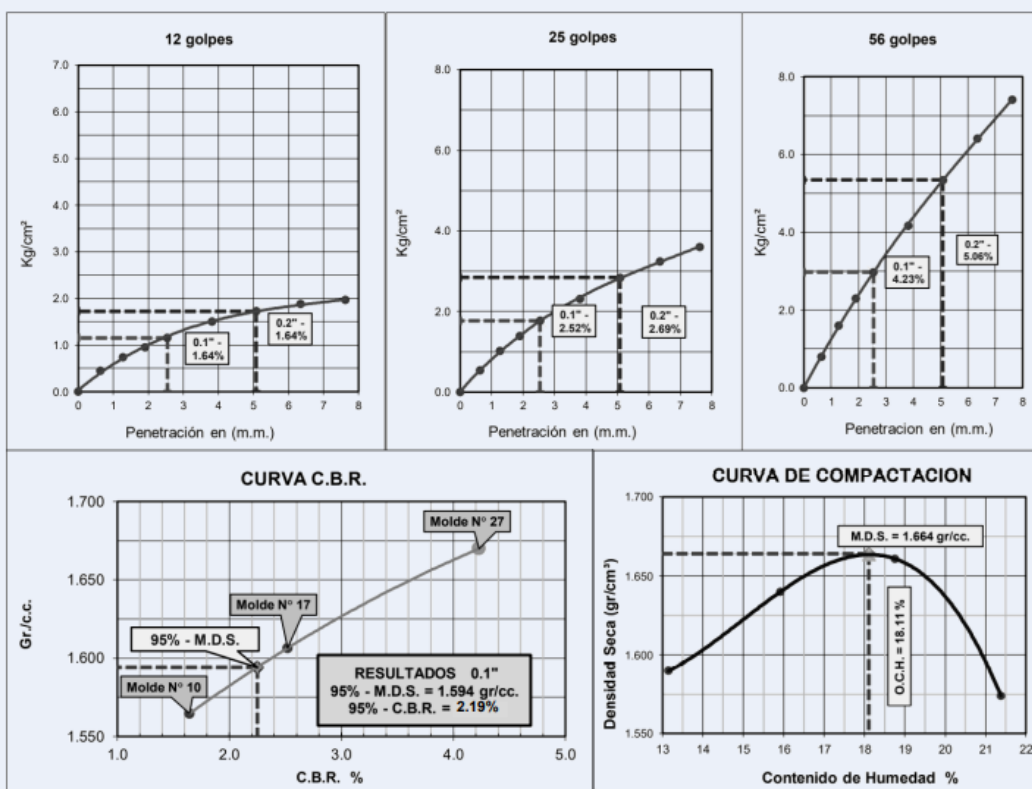
### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**Expediente** N°: 1794-2022  
**Solicita:** Bach. Martín Saavedra Chávez  
**Proyecto:** Tesis: "Evaluación de propiedades de subrasante estabilizada con óxido de calcio para vía no pavimentada Pazos – Huaribamba, Huancavelica, 2022"  
**Ubicación:** Huaribamba, Huancavelica  
**Fecha de emisión:** 07-06-22

#### REPORTE DE ENSAYO DE CBR (MTC E 132)

**Datos de campo:**  
 Calicata: C-3  
 Progresiva: Km 3+200 carretera Pazos - Huaribamba  
 Datos de Proctor: MDS: 1673 kg/cm<sup>3</sup>  
 WO%: 16.78%

Razón de Soporte de California CBR (ASTM D1883)		
Condición de la Muestra:	4 días de saturación	
Sobrecarga	10.00 lbs.	
Hinchamiento promedio	4.24%	
CBR	100%MDS	95%MDS
0.1"	4.28	2.19
0.2"		



Realizado y revisado por el Ing. Huamaní Salazar Omar Alex.



INGENIERÍA DE CALIDAD

Fuente: C3 Ingeniería Especializada S.A.C.

Ficha técnica de óxido de calcio (cal viva).

**CHEMILAB**  
SOLUCIONES Y REACTIVOS

---

**PROCOLO DE ANALISIS DE LA CAL VIVA**

**ESPECIFICACIONES:**

**APARIENCIA: SOLIDO EN POLVO BLANCO A GRISACEO**

**PRESENTACION: FRASCO X 1 KILO PLASTICO NATURAL**

**USO: EXCLUSIVO PARA LABORATORIO**

**FORMULA: CaO P.M: 56.07g/mol**

**ESPECIFICACIONES DEL REACTIVO.**

- . PUREZA: 97%**
- .PH 25°C: 12.45**
- .DENSIDAD: 800-1,150**
- .INCOMPATIBILIDAD: CON ACIDOS FUERTES**
- .INFLAMABILIDAD: EL REACTIVO NO ES INFLAMABLE**
- .ESTABLE EN CONDICIONES NORMALES DE ALMACENAMIENTO**
- . SOLUBILIDAD: NO SOLUBLE**
- . PUNTO DE FUSION: 2845**
- .MANTENER EL REACTIVO EN LUGAR SECO Y FRESCO**

HOJA TECNICA

Fuente: CHEMILAB Soluciones y Reactivos S.A.C.

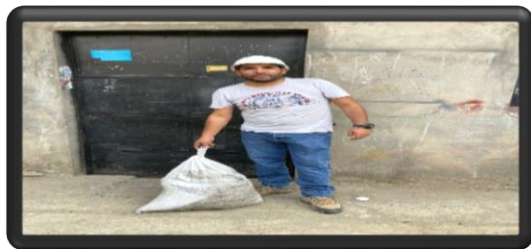
PRESENTACION DE 5, 20, 25 KG

CAL DE OBRA BOLSA DE 20 KG PRECIO 16.90 BOLSA

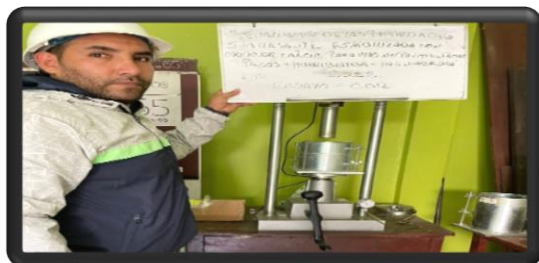
## Anexo - Panel Fotográfico de los Ensayos Realizados



01.- vista de la vía no pavimentada pazos Huaribamba las 03 calicatas.



02.- vista de las muestras llevadas a laboratorio.



03.- vista del ensayo CBR



04.- vista del análisis granulométrico y clasificación de suelos



05.- vista del horno eléctrico para el secado de las muestras de las calicatas



06.- vista del pesado de muestra



07.- adquisición de cal



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, HEREDIA BENAVIDES RAUL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis Completa titulada: "Evaluación de las Propiedades de la Subrasante Estabilizada con Óxido de Calcio para Vía no Pavimentada Pazos – Huaribamba, Huancavelica, 2022", cuyo autor es SAAVEDRA CHAVEZ MARTIN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 24.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 31 de Agosto del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
HEREDIA BENAVIDES RAUL <b>DNI:</b> 45822843 <b>ORCID:</b> 0000-0001-5408-5706	Firmado electrónicamente por: RHEREDIAB el 02- 09-2022 10:58:10

Código documento Trilce: TRI - 0425341