

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Efecto de la incorporación de cloruro de magnesio y cal  
en las propiedades geotécnicas de suelos cohesivos a  
nivel de subrasante**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autores:**

Alex Ricardo Yucra Hilachoque

Henry Grover Viamonte Mamani

**Asesor:**

Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona

**Juliaca, diciembre de 2023**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Rina Luzmeri Yampara Ticona, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

### DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EFECTO DE LA INCORPORACION DE CLORURO DE MAGNESIO Y CAL EN LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE SUELOS COHESIVOS A NIVEL DE SUBRASANTE”** de los autores **Alex Ricardo Yucra Hilachoque** y **Henry Grover Viamonte Mamani**, tiene un índice de similitud de 20% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca a los 29 días del mes de noviembre del año 2023.



---

Rina Luzmeri Yampara Ticona

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 29 día(s) del mes de noviembre del año 2023 siendo las 17:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Ing. Xerxon Quiberly Pani Lusa Escarena, el (la) secretario(a): Mg. Edwin Parillo

y los demás miembros: Dr. Nestor Alejandro

Luis Galapuja y el (la) asesor(a) Ing. Rina Suzmeri

Yampara Ticona con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:

Efecto de la incorporación de cloruro de magnesio y sal en las propiedades geotécnicas de suelos cohesivos a nivel de subrasante

del(los) bachiller(es): a) Alex Ricardo Yuca Hilachogue

b) Henry Erover Viamente Mamani

c) \_\_\_\_\_

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Civil

(Denominación del Título Profesional)  
El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s/ a hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s/. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Alex Ricardo Yuca Hilachogue

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (b): Henry Erover Viamente Mamani

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (c): \_\_\_\_\_

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s/ a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]  
 Presidente/a  
[Firma]  
 Asesor/a  
[Firma]  
 Bachiller (a)  
[Firma]  
 Miembro  
[Firma]  
 Bachiller (b)  
[Firma]  
 Secretario/a  
[Firma]  
 Miembro  
[Firma]  
 Bachiller (c)

# **Efecto de la incorporación del cloruro de magnesio y cal en las propiedades geotécnicas de suelos cohesivos a nivel de subrasante**

## **RESUMEN**

Introducción: Los principales problemas que afronta en la actualidad el Perú es la carencia de trochas carrozables no afirmados con el fin de que la población pueda desplazarse de manera segura y continua. En la presente investigación: “Efecto de la incorporación de cloruro de magnesio y cal en las propiedades geotécnicas de suelos cohesivos a nivel de subrasante”; el objetivo de esta investigación es determinar el efecto que produce el cloruro de magnesio y cal en las propiedades geotécnicas en porcentajes de 1%, 3% y 5% en suelos arcillosos; para lo cual se realizó 06 calicatas en el tramo de la carretera Rosaspata – Huayrapata, departamento de Puno – Perú. Los resultados obtenidos fueron que el suelo de subrasante natural tiene un Índice de Plasticidad (IP) promedio de las calicatas C-01, C-02 y C-03 es de 23.69%, la capacidad de soporte (CBR) de 5.32% (subrasante pobre) y a medida que se va incorporando el cloruro de magnesio, redujo el IP a 20.20%, mientras que el CBR incrementó a 7.71% (subrasante regular). Así mismo el suelo natural de subrasante de las calicatas C-04, C-05 y C-06 su IP promedio es de 27.33%, CBR de 5.82% (subrasante pobre) y con la incorporación de cal, redujo el IP a 18.68% y CBR mejoró a 8.15% (subrasante regular). Por otro lado, se analizó que la expansión de las 06 calicatas disminuye a medida que se va incorporando los aditivos analizados. Se llegó a la conclusión de que el  $MgCl_2$  y cal si mejoran en las propiedades físicas y mecánicas en suelos arcillosos a nivel de subrasante, indicando que el porcentaje óptimo de estabilizante químico es de 5%; redujeron el índice de plasticidad y aumentaron la capacidad de soporte del suelo. Finalmente, la cal resultó más económico respecto al costo de estabilización de suelos cohesivos de subrasante.

**Palabras clave:** Estabilización, propiedades geotécnicas, suelos cohesivos, cloruro de magnesio, cal, subrasante y dosificación.

# **Effect of temperature in a tubular anaerobic digester, conditioned in a low-cost greenhouse in the Peruvian highlands**

## **ABSTRACT**

Introduction: The main problems currently facing Peru are the lack of unconfirmed cowable tracks in order to enable the population to move safely and continuously. In the present research: “Effect of the incorporation of magnesium chloride and lime on the geotechnical properties of cohesive soils at sub-grade level”; the objective of this research is to determine the effect of magnesium chloride and lime on geotechnical properties in percentages of 1%, 3% and 5% in clay soils; for which 06 calicatas were made in the section of the Rosaspata – Huayrapata highway, department of Puno – Peru. The results obtained were that the soil of natural subrasant has an average Plasticity Index (IP) of the C-01, C-02 and C-03 calicates is 23.69%, the support capacity (CBR) of 5.32% (poor subrasant) and as the magnesium chloride is incorporated, it has a low subgrade. it reduced IP to 20.20%, while CBR increased to 7.71% (regular sub-grade). Likewise, the natural subgrade soil of calicates C-04, C-05 and C-06 its average IP is 27.33%, CBR of 5.82% (poor subgrade) and with the incorporation of lime, reduced the IP to 18.68% and CBR improved to 8.15% (regular subgrade). On the other hand, it was analyzed that the expansion of the 06 calicatas decreases as the additives analyzed are incorporated. It was concluded that  $MgCl_2$  and lime do improve in the physical and mechanical properties in clay soils at the sub-grade level, indicating that the optimal percentage of chemical stabilizer is 5%; they reduced the plasticity index and increased the capacity of soil support. Finally, lime was cheaper than the cost of stabilizing cohesive subgrade soils.

**Keywords:** Stabilization, geotechnical properties, cohesive soils, magnesium chloride, lime, subgrade and dosage.