

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO  
EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL  
ANEXO LEÓN PAMPA, TAYACAJA,  
HUANCAVELICA - 2020**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. CARBAJAL CONDORI, ABEL**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:  
NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2023**

**Ing. Nataly Lucia Córdova Zorrilla**

**Asesor**

## **DEDICATORIA**

- **A Dios y a mis padres Francisco y Juliana  
por su apoyo Incondicional.**

**Abel Carbajal Condori**

## **AGRADECIMIENTOS**

- **A la Ing. Nataly Lucia Córdova Zorrilla, por su  
por su perseverancia y ayuda para garantizar  
la realización de este estudio.**

**Abel Carbajal Condori**



**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN**

*“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”*

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

**CONSTANCIA N° 372**

Que, el (la) bachiller: Bachilleres, Bachiller, **ABEL, CARBAJAL CONDORI**, de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**. Presentó la tesis denominada: **“CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCVELICA-2020”**, la misma que cuenta con **168 Páginas**, ha sido ingresada por el **SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO** obteniendo el **27%** de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 02 de diciembre del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas  
Director de la Unidad de Investigación

## HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

---

Dr. Santiago Zevallos Salinas  
DECANO (e)

---

Mg. Jeannelle Sofia Herrera Montes  
JURADO

---

Mg. Wilmer Jhon Lujan Cárdenas  
JURADO

---

Ing. Lidia Benigna Larrazábal Sánchez  
JURADO

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza  
SECRETARIO DOCENTE

# ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iv
<b>HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS</b> .....	v
<b>ÍNDICE</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	x
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xiii
<b>CAPÍTULO I</b> .....	15
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	15
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	15
1.2. Formulación del problema .....	17
1.2.1. Problema general.....	18
1.2.2. Problemas específicos .....	18
1.3. Objetivos .....	19
1.3.1. Objetivo general.....	19
1.3.2. Objetivos específicos .....	19
1.4. Justificación.....	20
1.4.1. Justificación social .....	20
1.4.2. Justificación teórica.....	20
1.4.3. Justificación metodológica .....	20
<b>CAPÍTULO II</b> .....	22
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	22
2.1. Antecedentes .....	22
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	22
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	25
2.2. Marco conceptual .....	30
2.2.1. Cloruro de magnesio hexahidratado .....	30
2.2.2. Estabilización de suelos.....	38
2.2.3. Ensayos de laboratorio .....	40

2.3. Definición de términos básicos .....	45
2.4. Hipótesis .....	48
2.4.1. Hipótesis general .....	48
2.4.2. Hipótesis específicas .....	48
2.5. Variables .....	48
2.5.1. Definición conceptual de las variables .....	48
2.5.2. Definición operacional de las variables .....	49
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>51</b>
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>51</b>
3.1. Método de investigación .....	51
3.2. Tipo de investigación .....	52
3.3. Nivel de investigación .....	52
3.4. Diseño de investigación .....	52
3.5. Población y muestra .....	53
3.5.1. Población .....	53
3.5.2. Muestra .....	53
3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	55
3.6.1. Técnicas .....	55
3.6.2. Instrumentos .....	55
3.7. Validación e instrumentos de recolección de datos .....	55
3.8. Procesamiento de la información .....	56
3.8.1. Análisis granulométrico .....	56
3.8.2. Contenido de humedad .....	57
3.8.3. Índice de plasticidad .....	58
3.8.4. Densidad seca y humedad .....	58
3.8.5. Capacidad de resistencia del suelo .....	59
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>61</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>61</b>
4.1. Presentación de resultados .....	61
4.1.1. Cloruro de magnesio hexahidratado en el tipo de suelo en el Anexo León Pampa .....	61
4.1.2. Cloruro de magnesio hexahidratado en la humedad natural en el Anexo León Pampa .....	63

4.1.3. Cloruro de magnesio hexahidratado en el índice de plasticidad en el Anexo León Pampa .....	64
4.1.4. Cloruro de magnesio hexahidratado en la densidad seca y humedad en el Anexo León Pampa .....	65
4.1.5. Cloruro de magnesio hexahidratado en la capacidad de resistencia del suelo en el Anexo León Pampa.....	66
4.2. Prueba de hipótesis.....	68
4.2.1. Cloruro de magnesio hexahidratado en el índice de plasticidad en el Anexo León Pampa.....	68
4.2.2. Cloruro de magnesio hexahidratado en la densidad seca y húmeda en el Anexo León Pampa .....	69
4.2.3. Cloruro de magnesio hexahidratado en la capacidad de resistencia del suelo en el Anexo León Pampa.....	80
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>82</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>82</b>
5.1. Discusión de resultados .....	82
5.1.1. Cloruro de magnesio hexahidratado en el tipo de suelo en el Anexo León Pampa .....	82
5.1.2. Cloruro de magnesio hexahidratado en la humedad natural en el Anexo León Pampa.....	83
5.1.3. Cloruro de magnesio hexahidratado en el índice de plasticidad en el Anexo León Pampa.....	84
5.1.4. Cloruro de magnesio hexahidratado en la densidad seca y humedad en el Anexo León Pampa .....	85
5.1.5. Cloruro de magnesio hexahidratado en la capacidad de resistencia del suelo en el Anexo León Pampa.....	87
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>90</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>92</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>97</b>
<b>PANEL FOTOGRÁFICO .....</b>	<b>99</b>
<b>ENSAYOS DE LABORATORIO.....</b>	<b>114</b>
<b>INFORMES DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS .....</b>	<b>145</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis químico típico de la bischofita .....	30
Tabla 2. Composición del cloruro de magnesio hexahidratado .....	32
Tabla 3. Clasificación de suelos según tamaño de partículas .....	40
Tabla 4. Clasificación del suelo según índice de plasticidad .....	43
Tabla 5. Categorías de subrasante .....	45
Tabla 6. Operacionalización de variables.....	50
Tabla 7. Tratamiento de muestras .....	54
Tabla 8. Serie de tamices de abertura cuadrada.....	57
Tabla 9. Análisis granulométrico del suelo .....	62
Tabla 10. Grupos de materiales según el SUCS.....	63
Tabla 11. Humedad natural del suelo .....	63
Tabla 12. Índice plástico en los tratamientos .....	64
Tabla 13. Máxima densidad seca de los tratamientos.....	65
Tabla 14. Óptimo contenido de humedad de los tratamientos.....	66
Tabla 15. CBR al 95% de la máxima densidad seca.....	66
Tabla 16. Estadística de regresión, índice de plasticidad.....	68
Tabla 17. Estadística de regresión, índice de plasticidad.....	68
Tabla 18. Diseño de cuadrado latino, máxima densidad seca.....	70
Tabla 19. Diseño cuadrado latino, distrib. de datos, máxima densidad seca.....	70
Tabla 20. Diseño cuadrado latino, datos, máxima densidad seca.....	71
Tabla 21. Análisis de varianza, máxima densidad seca .....	72
Tabla 22. Prueba de Tukey, tratamientos MDS.....	74
Tabla 23. Prueba de Tukey, muestras MDS .....	74
Tabla 24. Diseño de cuadrado latino, óptimo contenido de humedad .....	75
Tabla 25. Diseño cuadrado latino, distrib. de datos, óptimo contenido de humedad .....	75
Tabla 26. Diseño cuadrado latino, datos, óptimo contenido de humedad.....	76
Tabla 27. Análisis de varianza, máxima densidad seca .....	77
Tabla 28. Prueba de Tukey, tratamientos MDS.....	79
Tabla 29. Prueba de Tukey, muestras MDS .....	79
Tabla 30. Estadística de regresión, capacidad de resistencia.....	80
Tabla 31. Estadística de regresión, capacidad de regresión .....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Incremento de la tensión superficial.....	31
Figura 2. Diagrama de fase del $MgCl_2$ .....	32
Figura 3. Proceso de aplicación del estabilizador cloruro de magnesio hexahidratado ....	36
Figura 4. Tipos de estabilización de suelos.....	40
Figura 5. Anexo León Pampa - Colcabamba - Tayacaja – Huancavelica .....	54
Figura 6. Esquema de procedimiento .....	56
Figura 7. Curva granulométrica.....	62
Figura 8. Índice plástico en los tratamientos .....	64
Figura 9. Máxima densidad seca de los tratamientos.....	65
Figura 10. Máxima densidad seca de los tratamientos.....	66
Figura 11. CBR al 95%de la MDS.....	67
Figura 12. CBR al 100% de la MDS.....	67
Figura 13. Índice de plasticidad, función polinómica .....	69
Figura 14. Capacidad de resistencia del suelo, función polinómica.....	81

## RESUMEN

El problema de la investigación fue ¿De qué manera influye la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de suelos en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica - 2020? El objetivo de la investigación fue determinar la influencia de la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de suelos del Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020. La hipótesis general que se contrastó fue que la adición de cloruro de magnesio hexahidratado influye significativamente en la estabilización de suelos en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020”. La investigación obedece al método científico, tipo aplicada y nivel explicativo, ya que se manipuló la proporción de adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de suelos del Anexo León Pampa en Huancavelica. La población estuvo compuesta por los suelos de las carreteras del departamento de Huancavelica y la muestra estuvo delimitada por 200 m de carretera no pavimentada del Anexo León Pampa, distrito de Colcabamba, provincia de Tayacaja, departamento de Huancavelica. La conclusión principal fue que la adición de cloruro de magnesio hexahidratado influye significativamente en la estabilización de suelos en el Anexo León Pampa, Huancavelica, siendo el tratamiento 2 (suelo con 4% de cloruro de magnesio) que mejores resultados de CBR presentó, ya que incrementó la capacidad de soporte del suelo, entre otras propiedades como la de retener la humedad interna del suelo evitando su disgregación y la emisión de polvo cuando se coloque en la subrasante.

*Palabras clave:* Adición, carretera, cloruro de magnesio hexahidratado, estabilización, suelo.

## **ABSTRACT**

The research problem was how does the addition of magnesium chloride hexahydrate influence soil stabilization in the León Pampa Annex, Tayacaja, and Huancavelica - 2020? The objective of the research was to determine the influence of the addition of magnesium chloride hexahydrate on soil stabilization in the León Pampa Annex, Tayacaja, and Huancavelica - 2020. The general hypothesis that was contrasted was that the addition of magnesium chloride hexahydrate has a significant influence on soil stabilization in the León Pampa Annex, Tayacaja, and Huancavelica – 2020. The research obeys the scientific method, applied type and explanatory level, since the proportion of magnesium chloride hexahydrate addition was manipulated in the stabilization of soils in the León Pampa Annex in Huancavelica. The population consisted of road soils in the department of Huancavelica and the sample was delimited by 200 m of unpaved road in the León Pampa Annex, district of Colcabamba, province of Tayacaja, department of Huancavelica. The main conclusion was that the addition of magnesium chloride hexahydrate significantly influences soil stabilization in the León Pampa Annex, Huancavelica, being treatment 2 (soil with 4% magnesium chloride) the one with the best CBR results, since it increased the bearing capacity of the soil, among other properties such as retaining the internal moisture of the soil avoiding its disintegration and the emission of dust when placed in the subgrade.

*Keywords:* Addition, road, magnesium chloride hexahydrate, stabilization, soil.

## INTRODUCCIÓN

El cloruro de magnesio hexahidratado es una sal que posee cualidades como estabilizador químico de las capas granulares del suelo, incluida la capacidad de absorber y mantener la humedad del ambiente. También se conoce como bischofita. Estas características incluyen la capacidad de absorber y retener la humedad. El Anexo León Pampa en Tayacaja, Huancavelica, fue elegido como el lugar de este estudio para que los investigadores pudieran investigar el efecto que tenía la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en el proceso de estabilización del suelo. La técnica de estudio fue científica, aplicada y de nivel explicativo, lo que corresponde a un diseño experimental dado que se alteró la cantidad de cloruro de magnesio hexahidratado en las muestras de suelo. La investigación se llevó a cabo en el Reino Unido. Para ello, se realizaron evaluaciones bibliográficas de los antecedentes y fundamentos teóricos pertinentes. La investigación es importante porque hace una contribución social significativa al permitir un flujo normal del tráfico comercial y vehicular, lo cual es bueno para la economía de las personas que utilizan la carretera, y también hace una contribución metodológica con respecto a la adición de cloruro de magnesio en concentraciones variables. Ambas contribuciones son beneficiosas para la economía de las personas que utilizan la carretera. El estudio consistió en el desarrollo de pruebas de laboratorio como el análisis granulométrico para determinar el tipo de suelo, el contenido de humedad, los límites de Atterberg para determinar el índice de plasticidad del suelo, el proctor modificado y el CBR de laboratorio para comprobar los efectos del cloruro de magnesio hexahidratado en la capacidad portante del suelo. El objetivo de estas pruebas era determinar si la adición de cloruro de magnesio hexahidratado aumentaba o no la capacidad del suelo para soportar peso. Es importante destacar que las cantidades de cloruro de magnesio fueron 0%, 3%, 4% y 5%, que indican correspondientemente los tratamientos 0, 1, 2 y 3.

El presente trabajo de investigación se ha estructurado en cinco capítulos. En el capítulo I se presenta el planteamiento del problema el cual contiene la descripción de la realidad problemática, formulación del problema, objetivos y justificación. En el capítulo II se presenta el marco teórico el cual contiene los antecedentes internacionales y nacionales, bases teóricas, definición de términos básicos, hipótesis y variables. En el capítulo III de metodología se encuentra el método, tipo, nivel y diseño de la investigación, así como la población y muestra de la investigación, métodos, técnicas e instrumentos de la investigación, validación e instrumentos de recolección de datos y procesamiento de la investigación. En el capítulo IV de resultados, se adjuntan los resultados de los ensayos realizados conforme a los objetivos planteados. En el capítulo V se presentan las discusiones de los resultados obtenidos, los mismos que se desarrollan conforme a los objetivos planteados. Así mismo, se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos. Cabe resaltar que en los anexos se adjuntan las evidencias fotográficas de la investigación y las fichas de los ensayos realizados”.

Carbajal Condori, Abel

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

Es vital investigar los suelos desde diversas perspectivas y en respuesta a diversos objetivos debido a que el suelo es el material de construcción más utilizado en las obras civiles y constituye el soporte de la mayoría de las estructuras. Incluso el desarrollo de vías de comunicación como carreteras y canales, así como medidas de protección frente a la actividad de los ríos, y el diseño y construcción de taludes, todo ello con el objetivo de minimizar el número de accidentes que se producen (Hilario, 2015).

Las carreteras juegan un papel fundamental en el desarrollo productivo y el crecimiento social de los pueblos porque permiten conectar a las poblaciones rurales con el resto de la región y del país, transportar a los turistas a los centros arqueológicos y/o turísticos, y realizar el transporte inicial de la producción de los centros con potencial económico (minería, manufactura, etc.). En consecuencia, las carreteras cubren una importancia fundamental en el desarrollo productivo y el crecimiento social de los pueblos.

Por ello, es de la mayor necesidad asegurar que las carreteras sean transitables en condiciones mínimamente aceptables durante el mayor tiempo que sea factible. Para que las autoridades viarias puedan cumplir con éxito este objetivo, se suelen aplicar de forma sistemática métodos de mantenimiento convencionales. Reperfil, remojar y compactar la superficie de la carretera son algunos de los procesos que entran dentro de esta categoría. Cuando existe una superficie considerable de red sin pavimentar, la realización de estas operaciones más típicas implica importantes inversiones en equipos, mano de obra y materiales. Estos costes pueden acumularse rápidamente. Esto ocurre especialmente cuando hay una parte importante de la red que no está pavimentada. Debido a esta necesidad, se requiere realizar trabajos de investigación y desarrollo de métodos alternativos que puedan dar solución al problema de mantener las condiciones adecuadas de las carreteras no pavimentadas (Hilario, 2015).

En un sentido similar, es de conocimiento público que el número de vehículos en el planeta ha ido en constante aumento a lo largo de la historia reciente. Esto ha traído como consecuencia la expansión y mejoramiento de las carreteras, de los pavimentos rígidos y de los pavimentos flexibles, todo lo cual ha llevado a un uso excesivo de materiales para la conformación del paquete estructural del pavimento (mejoramiento de subrasante, subbase y base); Además, según la empresa Wirtgen Group, activa en todo el mundo en los campos de la construcción y el mantenimiento de carreteras, la estabilización de suelos es una excelente alternativa para proporcionar capacidad portante y calidad al suelo, frente a la sustitución de suelos, porque genera menores costes relacionados con la logística de la obra, menos movimientos de camiones y períodos de construcción más cortos. Además, la estabilización del suelo puede proporcionar capacidad portante y calidad al suelo.

Además, la capacidad portante y la calidad del suelo pueden mejorarse en menos tiempo mediante el proceso de estabilización del suelo. "La mezcla homogénea de suelo y ligante proporciona una alta capacidad portante y permite que el material sea resistente al

agua y a las heladas, preservando así el volumen", como afirma Wittgen Group (2021). Aditivos como cal, sales (incluyendo cloruro de sodio y cloruro de calcio, entre otros), desechos de acero, cemento, entre otros, y materiales orgánicos como fibras de coco y maguey, entre otros, se utilizan en toda América Latina con el fin de mejorar continuamente el proceso de estabilización del suelo. La cal es el agregado que más se utiliza entre estos otros. Hasta el momento, esta investigación se ha llevado a cabo en México, Colombia, Ecuador y Perú. Esas son las naciones que han participado. Según la investigación donde los autores indican que la adición de los aditivos mencionados incrementa en cierta proporción la capacidad portante del suelo, es decir, el valor CBR, y en ciertas circunstancias la resistencia a la compresión de los suelos, dependiendo del tamaño del material del suelo (Zambrano, 2017). Actualmente, en nuestra nación, existen carreteras que no han sido pavimentadas, las cuales necesitan ser investigadas para llegar a una solución más efectiva para. Un pavimento asfáltico flexible, rígido o mixto podría ser la respuesta al problema. Sin olvidar el componente estructural de la subrasante que soporta el peso de la superficie pavimentada y la carga de los coches que circulan por ella, la subrasante debe ser capaz de soportar ambas cargas. Por lo tanto, en los últimos años se han realizado investigaciones sobre el tema de la estabilización del suelo a nivel de la subrasante utilizando aditivos químicos industriales como aditivos industriales, cemento, cal y sales (cloruro de sodio, cloruro de magnesio hexahidratado, entre otros), así como aditivos naturales como cenizas, fibras vegetales, entre otros. Estos aditivos químicos industriales se han utilizado en la investigación junto con aditivos naturales como las cenizas. Esta investigación se ha llevado a cabo utilizando aditivos naturales además de aditivos químicos industriales en igual medida. Que evidenciaron buenos resultados en el incremento de la capacidad portante del suelo a nivel de subrasante, dependiendo de las condiciones climáticas y características geográficas del lugar donde se pretenda estabilizar el suelo para evitar los gastos por reposición de suelo o combinación de materiales que garanticen la estabilidad y resistencia del suelo con el paso del tiempo. "Según Zambrano

(2017), esto indicaba que la capacidad portante del suelo a nivel de subrasante se había incrementado a un grado satisfactorio.

En el departamento de Huancavelica, provincia de Tayacaja, distrito de Colcabamba, en el Anexo de León Pampa, la carretera que permite mantener la comunicación entre el Anexo y el distrito de Colcabamba presenta deficiencias como excesiva emisión de polvo, baches, y ondulaciones en la superficie de la carretera, por lo que con la presente investigación se pretende solucionar este problema estabilizando el suelo de la carretera no asfaltada con diferentes proporciones de cloruro de magnesio hexahidratado

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿De qué manera influye la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de suelos en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica - 2020?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿De qué manera influye la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en el tipo de suelo en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica - 2020?
- ¿De qué manera influye la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la humedad natural en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica - 2020?
- ¿De qué manera influye la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en el índice de plasticidad en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica - 2020?
- ¿De qué manera influye la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la densidad seca y húmeda en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica - 2020?

- ¿De qué manera influye la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la capacidad de resistencia del suelo en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica - 2020?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la influencia de la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de suelos en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar la influencia de la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en el tipo de suelo en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.
- Establecer la influencia de la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la humedad natural en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.
- Clasificar la influencia de la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en el índice de plasticidad en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.
- Evaluar la influencia de la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la densidad seca y húmeda en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.
- Demostrar la influencia de la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la capacidad de resistencia del suelo en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.

## **1.4. Justificación**

### **1.4.1. Justificación social**

Cuando en el proceso de desarrollo de la investigación se hacen sugerencias de soluciones que, llevadas a la realidad, pretenden ayudar a resolver el problema, existe una razón social o práctica para el estudio (Bernal, 2010). De este modo, la adición de cloruro de magnesio hexahidratado redundará en la estabilidad del suelo. Esto permitirá tanto un flujo regular de tránsito vehicular en la ruta del Anexo León Pampa como un flujo regular de tránsito comercial que ayudará a la economía de los lugareños al aportar mayores ingresos. En otras palabras, se logrará la estabilización del suelo.

### **.1.4.2. Justificación teórica**

Castro (2016) afirma que la justificación teórica hace hincapié en la importancia de investigar un tema antes de formular una teoría científica. Para ello, es fundamental decidir si la investigación dará lugar a un avance científico. El cloruro de magnesio hexahidratado ayuda a que el suelo se mantenga estable aumentando su capacidad y resistencia para producir un alto rendimiento en una carretera sin pavimentar, como se dijo en la subsección anterior. Esto se planteó en referencia a la idea de que la adición de cloruro de magnesio hexahidratado a una carretera sin pavimentar podría mejorar su rendimiento.

### **1.4.3. Justificación metodológica**

Cuando el empeño de un estudio recomienda un nuevo medio para proporcionar información correcta y fidedigna, Bernal (2010) afirma que debe ofrecerse una justificación metodológica. De acuerdo con este plan, la estabilización del suelo se logrará mediante la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en cantidades de 3%, 4% y 5% en relación con el peso de la muestra de suelo para cada prueba. Durante estas pruebas, se determinó qué cantidad de cloruro de magnesio hexahidratado produce la mejor estabilidad en el suelo de estudio.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

Heitzer, (2017), para que obtuviera el título de Ingeniero Civil, tuvo que defender la tesis titulada "Efectos de las mezclas de cloruros sobre la humedad en carreteras no pavimentadas." El propósito de esta investigación es investigar el impacto y comportamiento de varias combinaciones de sales y tipos de suelo sobre la absorción, retención y pérdida de humedad para varios ciclos de acondicionamiento en el laboratorio. El objetivo de esta investigación es representar diversas condiciones ambientales del terreno. Para el desarrollo de la investigación, se prepararon probetas con diversos tipos de suelos, tipos y concentraciones de sales hexahidratadas de cloruro de magnesio ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) o también conocidas como bischofita, y cloruro de sodio (NaCl), las cuales fueron acondicionadas a diferentes humedades y temperaturas del aire en una cámara de humedad y un horno en el laboratorio; adicionalmente, se ajustó un modelo matemático

para ajustar la humedad y la temperatura a través del tiempo con el fin de determinar la Los hallazgos que se adquirieron sirvieron como demostración y prueba de esta habilidad. El estudio llegó a la conclusión de que las mezclas que incluyen sales inhiben la evaporación en los suelos, lo que conlleva una disminución de la cantidad de agua necesaria para el riego en las carreteras sin pavimentar, un mayor nivel de servicio y una reducción de los gastos asociados al mantenimiento de las carreteras.

Morales et al (2019) en la publicación del artículo titulado "Estilo del comportamiento de un pavimento estabilizado con cloruro de calcio" tuvieron como objetivo evaluar en campo el cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) como estabilizante ligante en caminos no pavimentados. Fue necesario realizar una investigación sobre el comportamiento de un camino de prueba que había sido estabilizado con  $\text{CaCl}_2$  para determinar cómo la incorporación de  $\text{CaCl}_2$  afecta las características mecánicas del suelo. La estrategia que se implementó incluyó la construcción de un camino de prueba que tenía una sección estabilizada con  $\text{CaCl}_2$  y un segmento estabilizado con bischofita que era más compacto. Al mismo tiempo, se llevó a cabo un examen experimental tanto en el campo como en el laboratorio con el fin de examinar la influencia del  $\text{CaCl}_2$  que se utilizó en la construcción de la carretera. Los resultados obtenidos en el ensayo proctor modificado demostraron que la adición de  $\text{CaCl}_2$  al suelo aumenta los valores de la densidad seca máxima y, al mismo tiempo, reduce los valores del contenido de humedad óptimo. Además, los resultados del ensayo triaxial CU (consolidado y no drenado) demostraron que la incorporación de  $\text{CaCl}_2$  al suelo conduce a un aumento de los valores del ángulo máximo de fricción interna y de la cohesión (C). En conclusión, los resultados del ensayo CBR realizado al 95% de la densidad seca máxima del material demostraron un aumento de la cantidad de incorporación de  $\text{CaCl}_2$ . Se determinó que el uso de  $\text{CaCl}_2$  produce un impacto cementante en la superficie, y que este efecto conduce a una mejora considerable en el rendimiento de las capas de rodadura.

Además de tratarse de una sustancia de bajo coste y fácil aplicación, contribuye a la mejora global de los atributos de la carretera.

Brauer et al. (2019), publicó la investigación "Evaluación de productos para el control del polvo ambiental en carreteras mineras", tuvo como objetivo evaluar y contrastar diversas técnicas para reducir la cantidad de polvo en suspensión que se produce a lo largo de las carreteras mineras. Melaza, hidróxido de magnesio, cloruro sódico y bischofita fueron los cinco productos principales que se utilizaron en el desarrollo de la investigación. También se utilizó TGC, que significa "Control Total del Terreno". A continuación, se utilizó el programa Comet y el captador de polvo E-Sampler. Los resultados revelaron que el producto de bischofita funciona mejor en zonas que han sido tratadas previamente con una combinación de tierra y sal. Sin embargo, los resultados también mostraron que el producto no debe utilizarse durante los meses de invierno por el riesgo que supone al hacer la carretera muy resbaladiza. La melaza, el hidróxido de magnesio, el TGC, el cloruro sódico y la bischofita fueron los cinco componentes que, según su investigación, tuvieron mayor influencia en la contención del polvo en carreteras no tratadas y en la durabilidad en diversas circunstancias ambientales.

Larrea et al. (2019) para la carrera de Ingeniería Civil, la denominaron a su tesis: "Estabilización de suelos arcillosos utilizando cloruro de sodio y cloruro de calcio", y trataba sobre cómo estabilizar suelos arcillosos utilizando esos dos químicos. Para preparar los suelos arcillosos para su uso como carreteras, se mezclan cloruro sódico y cloruro cálcico y se utilizan para estabilizar el suelo. El índice de plasticidad de estos suelos oscila entre 16 y 18. La metodología de la investigación utilizó un enfoque empírico, científico y práctico. Se incluyeron en la muestra componentes procedentes de la mina Caaveral. Cuando se aplicaron a la mezcla los ensayos límite de Atterberg, Proctor Modificado y CBR, se dosificaron los agentes estabilizantes cloruro sódico y cloruro cálcico en cantidades de uno, diez, quince, veinte y veinticinco por ciento. En primer lugar, se realizaron ensayos de granulometría, límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR para determinar las propiedades del suelo natural. Según los resultados, la plasticidad del suelo se redujo del 17% al 7,32% cuando se le añadió un 15% de cloruro sódico. Además, cuando el cloruro sódico se acopló al suelo, liberó sílice y alúmina, lo que dio lugar a la creación de una mezcla cementosa que aumentó la capacidad de compactación, pero redujo el CBR del 27,27% al 24,20%. Debido a que disminuyó el índice de plasticidad del 17% al 8,48%, la mejor relación para la combinación de cloruro cálcico y suelo fue del 20%. Esto se debió al hecho de que disminuyó la cantidad de cloruro de calcio. Esto se debe a que una dosis mayor hace que el suelo esté más embarrado, lo que dificulta su tratamiento. Sin embargo, al reducir el CBR del 27,27% al 5,58%, no aumenta la capacidad portante. El cloruro cálcico, que es una sal delicuescente, entra en interacción con su entorno para adsorber la humedad, en la que posteriormente se disuelve. Llegaron a la conclusión de que el cloruro cálcico podría utilizarse en regiones áridas, a diferencia del cloruro sódico, que podría emplearse en zonas costeras que recibieran una cantidad limitada de precipitaciones.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Según Zambrano (2017), el cloruro de magnesio fue utilizado en el proceso de estabilización química mientras escribía la tesis "Estabilización química con cloruro de magnesio en el diseño de la carretera - Villa Las Orquideas - Puente Piedra en 2016." El título de la tesis es "Estabilización química con cloruro de magnesio en el diseño de la carretera." La construcción de la carretera que conduce a Villa Las Orquideas se planteó con el objetivo de determinar si el uso de cloruro de magnesio como estabilizador químico de suelos resulta o no en la formación de efectos estructurales ventajosos. Lo primero que se hizo en el proceso de diseño fue una evaluación de los atributos del suelo, que incluyó granulometría tamizada, limitaciones de consistencia, Proctor modificado y CBR. En la segunda parte del proceso, se añadió cloruro de magnesio al suelo investigado. Como resultado directo de ello, se demostró un aumento de la resistencia a la compresión del suelo (CBR > 50%-60%). Los resultados del estudio llevaron a los investigadores a la conclusión de que la adición de cloruro de magnesio al suelo en una concentración del tres por ciento, que se demostró ser la cantidad óptima de contenido químico para el suelo, era el mejor curso de acción.

Según Coarita (2019), en su tesis titulada "Estabilización con bischofita y sal en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada", que realizó para optar al título profesional de Ingeniero Civil, "Estabilización con bischofita y sal en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada" MO-107 Sección "EMP. MO-107 progresivas 21+560 - 52+381 EMP. TA-105-Moquegua, 2018" tuvo como objetivo evaluar las ventajas estructurales que ofrece la estabilización química con cloruro de magnesio y cloruro de sodio en el mantenimiento. Esto se realizó en concordancia con los objetivos del EMP. MO-107 progresivo 21+560 - 52+381 EMP. TA-105-Moquegua, 2018. El primer componente, que es la parte técnica, comprendió el desarrollo de trabajos en campo, laboratorio y gabinete con ambos estabilizadores químicos. Durante la operación en

campo, se cavó un hoyo de 1.50 metros de profundidad, y de ese hoyo se tomó una muestra de suelo de 400 kilogramos de peso. Como parte del trabajo que se realizó en el laboratorio, se llevaron a cabo el análisis granulométrico por tamizado, los límites de consistencia, el proctor modificado y los ensayos CBR. Estas pruebas se llevaron a cabo con el fin de obtener las características primarias del suelo. La investigación se llevó a cabo en dos etapas distintas. La primera parte se ocupó de los aspectos técnicos del tema. Según los resultados de la investigación, el suelo natural tenía un índice de plasticidad de 4,29, y el ensayo Proctor modificado demostró que la adición de Bischofita al suelo aumenta la Densidad Seca Máxima al tiempo que disminuye el Contenido Óptimo de Humedad. En cuanto al CBR, la incorporación de bischofita al suelo dio lugar a valores que fueron del 43,0%, 44% y 42% del valor de soporte cuando las proporciones correspondientes fueron del 1%, 3% y 5%, mientras que la incorporación de sal dio lugar a valores que fueron del 44% y 42%. A pesar de que el cloruro de magnesio mejora el suelo desde el punto de vista técnico más que el cloruro de calcio, el estudio llegó a la conclusión de que el cloruro de calcio es más lucrativo que el cloruro de magnesio desde el punto de vista comercial. Y ello a pesar de que el cloruro de magnesio mejora el suelo más técnicamente que el cloruro de calcio.

Ticona et al., (2021), en su tesis titulada "Aplicación del cloruro de magnesio como alternativa natural para incrementar la estabilización del suelo de la carretera Juliaca - Caminaca, 2021" para alcanzar el título profesional de Ingeniero Civil tuvieron como objetivo incrementar la estabilidad del suelo a lo largo de la carretera Juliaca-Caminaca utilizando el cloruro de magnesio como alternativa natural. Su investigación se realizó con el fin de lograr este objetivo. Para llevar a cabo la investigación, el autor primero realizó una serie de pruebas de laboratorio, incluyendo granulometría, límites de consistencia, CBR y Proctor. Posteriormente, removió el suelo que necesitaba ser mejorado y luego añadió cloruro de magnesio en las siguientes proporciones: 0%, 5%, 7% y 9%. Según los

resultados, el suelo natural tenía un valor CBR de 5,83%, una densidad seca máxima de 1,82gr/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad óptimo de 12,66%. Por otro lado, las dosificaciones del 5%, 7% y 9% presentaron valores de CBR del 12,73%, 14,00% y 12,93%, respectivamente, y los valores del índice de plasticidad mejoraron en un 2%. Llegaron a la conclusión de que la incorporación de cloruro de magnesio hexahidratado, también conocido como bischofita, provoca un cambio a mejor en el valor CBR, el proctor y el índice de plasticidad, siendo la dosis del 7% la que genera los mejores resultados.

Chávez (2019), para recibir el grado de magíster en transporte y conservación vial, en su tesis titulada "Comparación del cloruro de magnesio (Bischofita) versus cloruro de sodio como estabilizante químico para mejorar la subrasante en el camino a la cantera Santa Rita, distrito de Piraas - Talara - Piura, 2018" Chávez (2019) recibirá el grado de magíster en transporte y conservación vial. Con la finalidad de determinar cuál de cloruro de magnesio (Bischofita) y cloruro de sodio sería más eficiente como estabilizante químico, se investigó la subrasante de la carretera que conduce a la cantera Santa Rita en Talara, Piura. Para reunir la información necesaria para el desarrollo del estudio, la autora recurrió a diversos métodos de recolección de datos, entre ellos la exploración, la observación y el análisis documental. Eligió como referencia para la aplicación práctica la calicata 2, que tenía un valor inicial de CBR Insitu de 30,39%. A continuación, añadió diversas cantidades de cloruro de magnesio y cloruro de calcio (5%, 10%, 15% y 20% respectivamente). Se encontró que un valor CBR igual a 81.43% podía ser producido para una muestra de estabilización que consistía de 80% de suelo in-situ combinado con 20% de cloruro de magnesio, mientras que un valor CBR igual a 42.82% se encontró que podía ser adquirido para una muestra de estabilización que consistía de 95% de suelo in-situ combinado con 5% de cloruro de calcio. Esta información se descubrió como resultado de la investigación que llevó a cabo. Cuando se realizan en el laboratorio, las pruebas demuestran que el

cloruro de magnesio ( $MgCl_2$ ) o la bischofita aumentan la resiliencia del suelo. Esta es la conclusión que se desprende de la información presentada

Cosiche (2019), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, a la que denominó "Influencia del cloruro de magnesio hexahidratado sobre las propiedades de la subrasante en caminos no pavimentados", tuvo como objetivo completar los prerrequisitos para obtener el título y así poder obtener la designación profesional. Esta investigación se realizó con el objetivo de determinar cómo la adición de cloruro de magnesio hexahidratado alteraba las cualidades de la subrasante en caminos no pavimentados. La investigación se realizó en español, y la metodología utilizada fue la ciencia aplicada, con un nivel explicativo y un diseño experimental. La población correspondió al corredor vial Cañete tramo 09 - Pazos desviación Pampas de 26 kilómetros, y la muestra fue no probabilística, constituida por los tramos de los km 339+110, 339+150, y 339+200. Para avanzar en la investigación, se realizaron varios ensayos, entre ellos los de determinación de la clasificación del suelo, contenido de humedad, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR. Como consecuencia de ello, se descubrió que la clasificación SUCS del suelo difiere entre las tres secciones mencionadas. El tipo de suelo en la primera sección se determinó como GC (gravas arcillosas), mientras que el tipo de suelo en la segunda y tercera secciones se determinó como CL-ML (arcillas limosas con plasticidad media). El contenido de humedad del suelo en la primera sección fue de 6. Sus resultados le llevaron a la conclusión de que el porcentaje de cloruro de magnesio hexahidratado, que era del 3%, influía en las propiedades mecánicas y físicas de la subrasante de las carreteras sin pavimentar.

## 2.2. Marco conceptual

### 2.2.1. Cloruro de magnesio hexahidratado

La estructura atómica de la bischofita se denota mediante la fórmula química  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ . El cloruro de magnesio también se conoce como bischofita, y es fácilmente accesible en todo el mundo. En este trabajo se examina la eficacia del cloruro de magnesio hexahidratado (bischofita) como estabilizante químico para capas de rodadura granulares.

**Tabla 1. Análisis químico típico de la bischofita**

Componente químico	Porcentaje
Mg	10.5
Cl	33.5
H <sub>2</sub> O	52
K, Li, SO <sub>4</sub> , Na, B	4.0 (máx)

Fuente: (Evaluación de la efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado (Bischofita) como estabilizador químico de capas de rodadura granulares, 2002)

En las líneas que siguen se analizan las características físicas de la bischofita que podrían hacerla útil como estabilizante químico para carreteras sin pavimentar.

- **Delicuescencia**

Es fundamental saber que el cloruro de magnesio absorberá agua en entornos con una humedad relativa superior al 32%. Cuando la presión de vapor de agua de la solución salina y de la atmósfera sean iguales, este procedimiento habrá terminado. Una revisión de la aplicación potencial del estabilizador químico bischofita, un tipo de cloruro de magnesio, en las capas de rodadura granulares El cloruro de magnesio, por otra parte, tiene la capacidad de retener la humedad que ha absorbido durante un largo periodo de tiempo, siempre que el clima no cambie. El contexto en el que se utiliza este talento es crucial.

- **Presión de vapor**

A todas las temperaturas y condiciones de humedad relativa, una solución de cloruro de magnesio tiene una presión de vapor de agua significativamente inferior a la del agua. Un estudio sobre la eficacia del cloruro de magnesio hexahidratado (Bischofita) como estabilizador químico de capas de rodadura granulares descubrió que la velocidad de evaporación del agua podía reducirse hasta 3,1 veces. Se descubrió que la presión de vapor de agua de la solución de cloruro de magnesio era significativamente inferior a la del agua a todas las temperaturas y humedades relativas medidas.

- **Incremento de la tensión superficial del agua**

En el ejemplo siguiente, la adición de cloruro de magnesio al agua provoca un aumento de hasta el 45% de la tensión superficial, lo que ralentiza el ritmo de evaporación del agua:

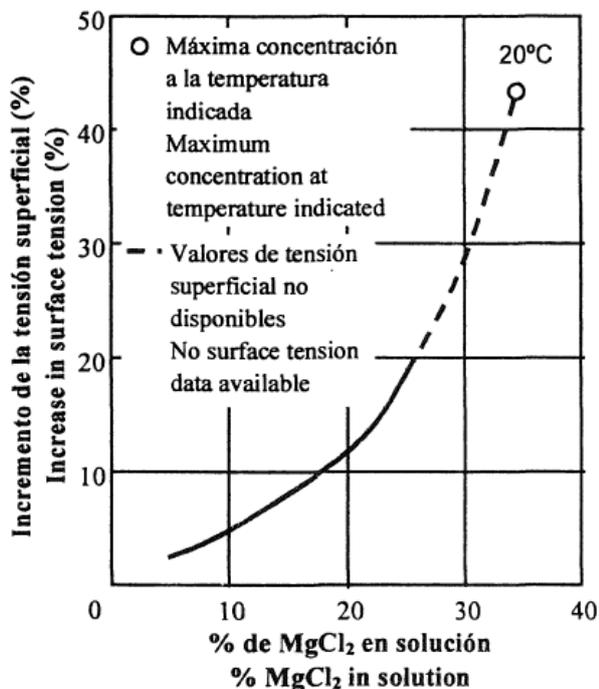


Figura 1. Incremento de la tensión superficial. Tomado de (Evaluación de la efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado (Bischofita) como estabilizador químico de capas de rodadura granulares, 2002)

- **Temperatura de congelamiento**

El punto de congelación de las soluciones salinas es inferior al del agua pura. Esta es una propiedad de las sales, y explica una de las razones clave por las que la sal es el material más utilizado en las carreteras para derretir el hielo y la nieve acumulados en la superficie. A partir de aquí, se crea el gráfico siguiente:

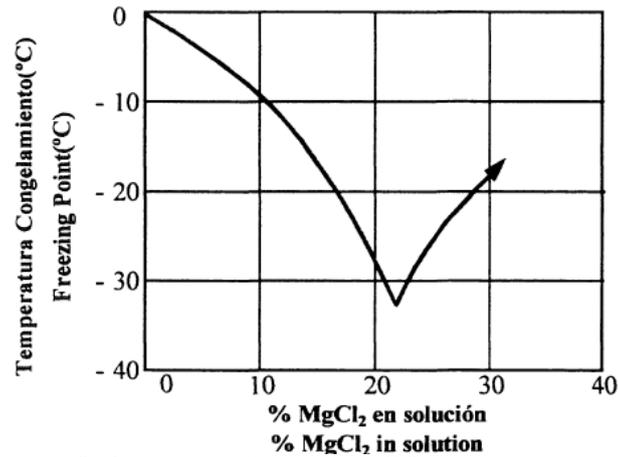


Figura 2. Diagrama de fase del MgCl<sub>2</sub>. Tomado de (Evaluación de la efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado (Bischofita) como estabilizador químico de capas de rodadura granulares, 2002)

- **Composición del estabilizador**

Magnesio, cloro y agua son los principales ingredientes del cloruro de magnesio hexahidratado, que también contiene pequeñas cantidades de sulfato, sodio, potasio, boro y litio. Su fórmula química es  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ . Según la tabla.

**Tabla 2. Composición del cloruro de magnesio hexahidratado**

Elemento químico	Proporción (%)
Cloro	29.0 - 32.8
Magnesio	10.0 - 12.8
Agua	50.0 - 55.0
Sodio	0.5 - 2.8
Sulfato	0.0 - 2.0
Potasio	0.3 - 3.8
Litio	0.2 - 1.1
Boro	0.1 - 0.5

Fuente: (ARAUJO, y otros, 2017)

### **2.2.1.1. Propiedades del estabilizador**

- **Higroscópica**

El cloruro de magnesio hexahidratado puede extraer la humedad del aire que lo rodea y almacenarla para su uso posterior, incluso en zonas secas. Esto se debe a que la superficie de la carretera no produce partículas finas de polvo (Araujo et al., 2017).

- **Ligante**

El cloruro de magnesio hexahidratado aumenta la cohesión entre las pequeñas partículas para ayudar a la solidificación de la capa desgastada. Mientras la humedad relativamente sea superior a 30%, la superficie sea cristalina, el interior de las calzadas estabilizadas con cloruro de magnesio hexahidratado estará siempre húmedo. La vida útil de los neumáticos aumenta y la resistencia al efecto abrasivo de los vehículos en movimiento se incrementa en las zonas con mayor compactación (Araujo et al., 2017).

- **Resistente a la evaporación**

La pérdida de humedad absorbida se evita gracias a la baja tensión de vapor. La presión de vapor de las soluciones que contienen cloruro de magnesio hexahidratado es siempre inferior a la del agua, independientemente de la temperatura o la humedad relativa. Araujo et al. (2017) afirman que, como resultado, puede ser posible reducir la evaporación del agua hasta 3,1 veces.

- **Baja temperatura de congelamiento**

Según Araujo et al. (2017), el cloruro de magnesio puede resistir temperaturas de hasta -32,8 °C.

- **Altamente soluble en agua**

Hace que sea sencillo y rápido elaborar una solución en agua (Araujo et al., 2017).

#### **2.2.1.2. Mecanismos de estabilización**

- **Absorción y retención de humedad en la superficie de rodadura**

La superficie de rodadura estabilizada con cloruro de magnesio hexahidratado podrá extraer agua de la atmósfera y mantener su estabilidad cuando la humedad relativa sea máxima, lo que suele ocurrir a lo largo de la noche y las primeras horas de la mañana. Esto evita que las partículas finas y gruesas se pierdan de la superficie de rodadura, afirman Araujo et al. (2017). El polvo es un subproducto de la pérdida de partículas diminutas. De la superficie de rodadura se pierden partículas de gran tamaño.

- **Cristalización del cloruro de magnesio en la superficie de rodadura**

En situaciones de sequedad y baja humedad relativa, el cloruro de magnesio hexahidratado cristaliza en la superficie de rodadura, cementando partículas diminutas. Según Araujo et al. (2017), esta cristalización provoca el crecimiento de una costra dura que es resistente al efecto abrasivo del tráfico, mejorando la superficie de rodadura en el proceso.

- **Aglomeración de partículas finas**

Según Araujo et al. (2017), la forma en que el cloruro de magnesio hexahidratado agrega partículas microscópicas depende de si el suelo en cuestión es muy maleable o no. Así, el proceso de aglomeración se produce en suelos no plásticos y de baja plasticidad como limos y arenas finas debido al

aumento de la tensión superficial de la solución salina alrededor de las partículas. En otras palabras, el aumento de la tensión superficial de la solución salina tiene un impacto directo en el proceso de aglomeración. Según Araujo et al. (2017), el cloruro de magnesio hexahidratado o bischofita puede aumentar la resistencia al cizallamiento del suelo. La capa de agua que rodea las pequeñas partículas del suelo ha provocado la formación de un enlace elástico entre las partículas vecinas. Permitir que se forme una fina película de agua sobre las partículas microscópicas del suelo, que sirve como puente elástico que conecta las partículas cercanas, puede aumentar la resistencia al cizallamiento del suelo. Las partículas de arcilla de los suelos con un alto grado de flexibilidad y gran cantidad de agregados arcillosos se deben al intercambio iónico provocado por la presencia de cloruro de magnesio hexahidratado. El intercambio iónico reduce la carga negativa de los minerales arcillosos, lo que disminuye el grosor de la capa de agua absorbida y la cantidad de rechazo que se produce entre las partículas. Al final, las partículas pequeñas se agregan debido a un aumento de las fuerzas de atracción entre las partículas causado tanto por la mayor tensión superficial de la sal como por la disminución del rechazo entre partículas.

- **Estabilidad frente a ciclos de hielo y deshielo**

Debido a la disminución del punto de congelación del agua del suelo generada por el cloruro de magnesio hexahidratado, es menos probable que la capa de rodadura granular sufra daños por el ciclo de congelación-descongelación. Análisis del uso del estabilizador químico bischofita (cloruro de magnesio hexahidratado) en las capas de rodadura granulares. Debido a esto, el cloruro de magnesio hexahidratado minimiza la pérdida de partículas de polvo cuando se pulveriza sobre el pavimento en una mezcla uniforme. También absorbe la humedad del aire circundante. Las características del cloruro de magnesio

hexahidratado permiten conseguirlo. El cloruro de magnesio hexahidratado hace que se forme una capa resistente al desgaste abrasivo provocado por la fricción cuando se añade (Araujo et al., 2017). Comienza a perder agua cuando se añade, pero vuelve a cristalizar rápidamente.

### **2.2.1.3. Procedimiento de aplicación del estabilizador**

Los trabajos de nivelación son el primer paso del proceso, que continúa de acuerdo con los componentes programados de esta manera hasta alcanzar el nivel de la subrasante. A continuación, se aplica la capa de consolidación, cuyos componentes proceden de canteras que cumplen estas normas. A continuación, la capa se riega con una solución homogénea de cloruro de magnesio hexahidratado en salmuera (se recomienda utilizar una proporción de 1,5 de cloruro de magnesio hexahidratado por 1 de agua en peso). Finalmente, la capa se tritura utilizando una mezcla de presión hidráulica y presión. La solución homogénea se aplica al pavimento con la ayuda de un camión cisterna, y la mezcla de los dos componentes se termina utilizando una motoniveladora para alcanzar una densidad de 1,25 toneladas por metro cúbico. La mezcla se compacta utilizando presión y presión hidráulica (1,5 hexahidrato de cloruro de magnesio por 1 de agua en peso). Recuerde que la aplicación de la solución se basa en la cantidad de humedad presente en el material de cantera del pavimento. Esto debe tenerse en cuenta constantemente. Después de nivelar el material, el autor afirma que se deben utilizar rodillos lisos vibratorios autopropulsados para compactar cada capa de pavimento en toda su anchura. Este proceso debe repetirse muchas veces. Este tipo de compactación se realiza longitudinalmente, comenzando en los bordes de la carretera y avanzando hacia el centro. Debe realizarse una prueba de control de densidad en cada 250 metros cuadrados de material para garantizar la calidad. Los resultados de la prueba demuestran que la

densidad del suelo debe superar el 95% de la mayor densidad descubierta en experimentos de laboratorio.

A continuación, se aplica a la carretera un riego de sellado. Además, se cubre toda la anchura de la carretera con este riego. Se rocía un litro por metro cuadrado con cada pasada del camión cisterna a una velocidad de 10 km/h, según las estimaciones. El sellador debe aplicarse a razón de 4 litros por metro cuadrado, lo que equivale a una solución de 3 kilos de cloruro de magnesio hexahidratado por metro cuadrado. Se aconseja utilizar esta dosis, que puede obtenerse realizando cuatro riegos separados. Para ello, es importante recordar que el sistema de riego debe haber saturado completamente el suelo. Por otra parte, es muy útil que se impida de algún modo el flujo de tráfico para favorecer el crecimiento de esta obra. A continuación, se describe el procedimiento a seguir durante la aplicación del estabilizante cloruro de magnesio hexahidratado:



Figura 3. Proceso de aplicación del estabilizador cloruro de magnesio hexahidratado. Tomado de (ARAUJO, y otros, 2017)

## 2.2.2. Estabilización de suelos

- **Estabilización**

Los dos pasos del proceso de estabilización del suelo consisten en dotar al suelo de resistencia mecánica y garantizar que estas cualidades se mantengan a lo largo del tiempo. Los métodos empleados varían y adoptan diversas formas, como la incorporación de uno o más agentes estabilizadores del suelo o la adición de más suelo. Ambas y otras estrategias pueden incluirse en las técnicas. La investigación realizada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) afirma que después de cada mecanismo estabilizador viene un proceso de compactación. El libro de 2014 "El Manual de Carreteras" del Ministerio de Transportes y Comunicaciones afirma que los suelos con un CBR del 6% se considerarían materiales adecuados para las capas de subrasante.

- **Tipos de estabilización**

Según Braja (2012), se pueden utilizar aditivos convencionales para estabilizar suelos de grano fino con los objetivos de minimizar la alteración del suelo, acelerar la construcción y mejorar la resistencia y longevidad del suelo. Estos aditivos incluyen la cal y la cal mezclada con ceniza muy fina.

- **Estabilización con cemento**

Para alcanzar este nivel de estabilidad, se utiliza "un proceso de cementación y relleno de los huecos del suelo o la roca", que sirve para reforzar la estructura en su conjunto al tiempo que regula la circulación del agua en su interior. Para alcanzar este nivel de estabilidad del suelo o la roca, es necesario desarrollar una técnica de cementación de la zona y de relleno de los huecos interiores. En los suelos residuales, la inyección de cemento ha demostrado ser un método eficaz.

En este estudio se tienen en cuenta los suelos residuales típicos de la selva mediana de Perú (Suárez, 1998).

- **Estabilización con cal**

Suárez (1998) afirma que el uso de cal para estabilizar suelos en condiciones granulares es ineficiente. Esto se debe a que no se puede decir que un suelo haya sido estabilizado con esta sustancia hasta que hayan transcurrido ochenta días.

- **Estabilización con ceniza**

Debido a su propensión a producir compuestos puzolánicos, la ceniza puzolánica puede interactuar con la cal hidratada para producir productos cementantes. Como resultado, las mezclas de suelo, cal y ceniza se compactan con la cantidad justa de humedad y en condiciones controladas para crear capas de suelo estables (Braja, 2012). Cuando se compactan mezclas de suelo, cal y ceniza, pueden resultar mezclas que contengan un 10-35% de ceniza extremadamente fina y un 1-10% de cal cuando las circunstancias están controladas y los niveles de humedad son los adecuados. Utilizando ciertas proporciones, se pueden crear potentes combinaciones. Su comprensión de las muchas técnicas de estabilización de suelos disponibles puede mejorar con la siguiente tabla:

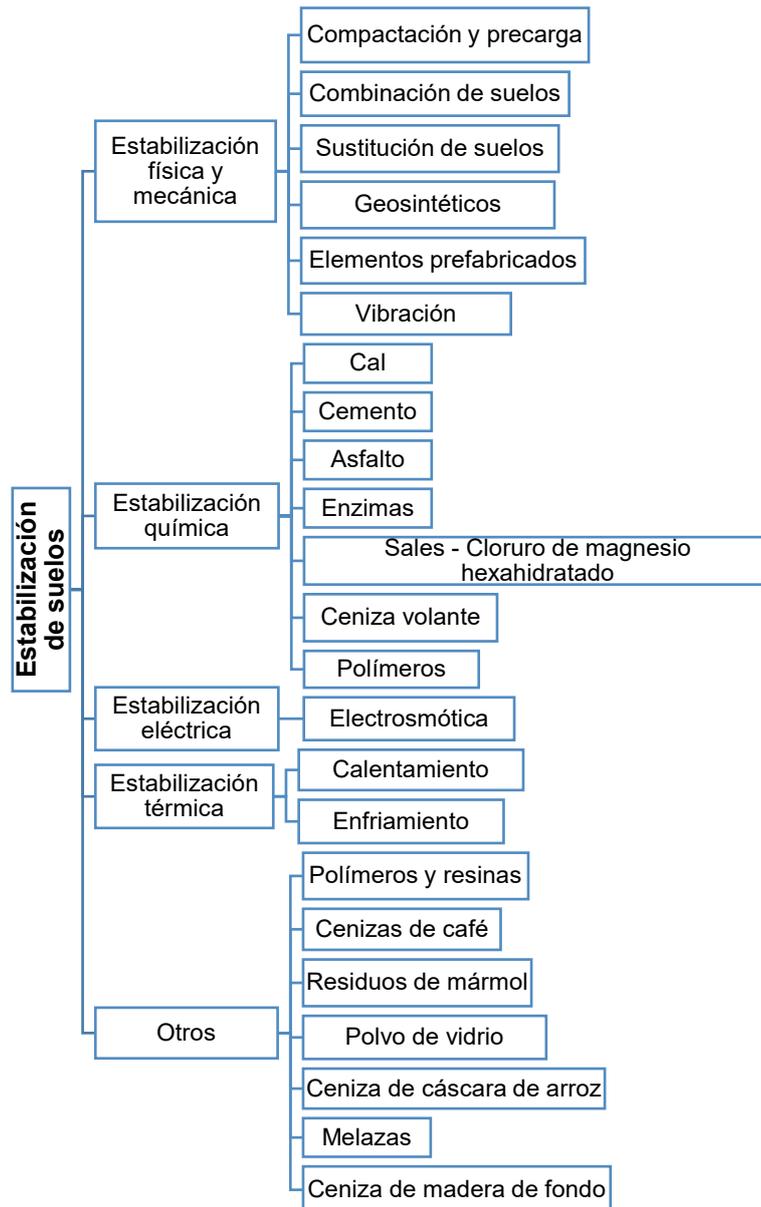


Figura 4. Tipos de estabilización de suelos. Tomado de (CASTRO, 2017).

### 2.2.3. Ensayos de laboratorio

- **Análisis granulométrico**

Según Crespo (2008), el efecto que un suelo grueso puede tener sobre la densidad del material compactado se puede averiguar analizando la composición granulométrica del suelo en cuestión. Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), el objetivo del análisis granulométrico es comprender la

interacción entre sus numerosos componentes, que se clasifican en función de su granulometría. Así se menciona en el documento. La siguiente tabla ilustra cómo se categoriza el suelo en función del tamaño de las partículas individuales que conforman su composición:

**Tabla 3. Clasificación de suelos según tamaño de partículas**

Tipo de material		Tamaño de partículas
Grava		75mm - 4.75mm
Arena		Arena gruesa: 4.75mm – 2.00mm
		Arena media: 2.00mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425mm – 0.075mm
Material fino	Limo	0.075mm – 0.005mm
	Arcilla	Menor a 0.005mm

Fuente: (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2014)

- **Contenido de humedad**

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) enumera la humedad natural como otro aspecto crucial de los suelos. Esto se debe al hecho de que la resistencia de los suelos de subrasante, especialmente los suelos finos, está significativamente influenciada por las condiciones de humedad y densidad que muestran estos suelos. El diseñador debe aconsejar la compactación rutinaria del suelo y el suministro de una cantidad suficiente de agua si la humedad natural es inferior o igual a la humedad óptima, también se propone. Esto se debe a que la cantidad de humedad natural es igual o inferior a la deseada. La razón de ello es que el nivel de humedad ideal es sustancialmente inferior al nivel ambiental. Además, cuando la humedad natural es superior a la recomendada, conviene

augmentar la energía de compactación, favorecer la aireación del suelo e incluso reparar los materiales saturados.

- **Límites de Atterberg**

Esta prueba consiste en establecer límites para los tres posibles estados de presencia del suelo: líquido, plástico y sólido. Estos estados, también denominados límite de Atterberg, se utilizan para evaluar la flexibilidad del determinado tipo de suelo. Por ello, se mide el contenido de humedad y/o porcentaje de humedad- a partir del cual el suelo se comporta de forma líquida o plástica. Se realizará una técnica de discrepancias entre los estados líquido y plástico del suelo para determinar el nivel de plasticidad.

- **Límite líquido**

La proporción del peso seco de la muestra que refleja el nivel de humedad en el que el suelo pasa de un estado líquido a uno plástico. La concentración crítica de humedad es el punto en el que el suelo pasa de estado líquido a plástico. Los suelos plásticos tienen una resistencia al cizallamiento extremadamente baja, que Atterberg estima en 25 g/cm<sup>2</sup>, a pesar de estar cerca del límite líquido. Los suelos plásticos retienen el agua mejor que los suelos granulares. Según Crespo (2008), el límite líquido de los suelos cohesivos es el contenido de humedad en el que pasan de un estado semisólido a un estado plástico. El contenido de la humedad secada en horno se representa con un porcentaje de su peso seco. Esta cifra se indica como porcentaje del peso seco de la muestra.

- **Límite plástico**

El contenido de humedad en el que los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico se conoce como límite plástico. Se expresa en porcentaje en relación con el peso seco de la muestra tras el secado en estufa. El Índice de Plasticidad (IP), que es igual a la diferencia entre LL y LP, es un tercer valor característico que puede darse además de LP (límite plástico) y LL (límite líquido), según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). Estas cifras proceden del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014).

$$IP = LL - LP \text{ (Ecuación 1)}$$

El rango de humedad del suelo en el que se puede decir que un suelo tiene una consistencia plástica se muestra mediante el índice de plasticidad. Por consiguiente, un IP alto indica un suelo muy arcilloso, mientras que un IP bajo indica un suelo poco arcilloso. En la siguiente tabla se clasifican los distintos tipos de suelos en función de su índice de plasticidad. En la siguiente tabla se muestra la clasificación de los suelos en función del índice de plasticidad.

**Tabla 4. Clasificación del suelo según índice de plasticidad**

Índice de plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
7 < IP ≤ 20	Media	Suelos arcillosos
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos
IP = 0	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

- **Proctor modificado**

Zans (1975) describió una técnica conocida como la prueba Proctor modificada que determina cuánta agua debe estar presente en un suelo para permitir la mejor compactación posible con la cantidad de energía dada.

Con el uso de la prueba Proctor modificada, será posible determinar con precisión el contenido de humedad del suelo, así como la compactación del suelo pesando el molde. En este caso será útil emplear el Proctor Modificado. Se trata de un método que implica una serie de golpes que varían entre cinco niveles y que están vinculados a los instrumentos que se utilizan para calcular la densidad. Para describirlo se utiliza el término densidad relativa en volumen bajo la humedad necesaria (Carrasco, 2017).

- **Ensayo CBR en laboratorio**

El CBR es un ensayo que evalúa la capacidad de un suelo para soportar cargas en movimiento durante la construcción de una determinada carretera, o su capacidad portante bajo cargas de rodadura (Valero, 1978).

Para evaluar el valor de soporte del suelo (CBR), que tiene una penetración de carga de 2,54 mm, se construirá un programa de pruebas utilizando el perfil, según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). Esto es lo que dice el Manual de Carreteras: "Se menciona que elabora el perfil estratigráfico para cada sector homogéneo después de la clasificación que tiene el suelo según el sistema AASHTO y SUCS." Para estimar el valor de diseño del CBR de la subrasante también se toman en cuenta los siguientes elementos:

- De acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), un valor promedio del CBR de diseño subrasante para sectores con seis o más valores de CBR se computará a partir de la suma de los valores obtenidos para cada

sector con características homogéneas. En los casos en que haya una cantidad menor de seis lecturas de CBR, deberán contar los siguientes aspectos:

- ✓ Se debe considerar el valor medio si los valores son comparables. La sección se dividirá en subsectores para agrupar aquellos con valores de CBR similares y calcular la media si los valores no son comparables, pero hay que tener en cuenta que los subsectores deben tener una longitud mínima de 100 metros. En este caso se utilizará el valor importante, que es el CBR con el valor más bajo.

Las clasificaciones de subrasantes que acepta el CBR se enumeran en la siguiente tabla. La siguiente tabla muestra las clasificaciones de subrasantes basadas en el CBR.

**Tabla 5. Categorías de subrasante**

Categoría de subrasante	CBR
S0: Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante insuficiente	3% ≤ CBR < 6%
S2: Subrasante regular	6% ≤ CBR < 10%
S3: Subrasante buena	10% ≤ CBR < 20%
S4: Subrasante muy buena	20% ≤ CBR < 30%
S5: Subrasante excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2014)

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Cloruro de magnesio**

El cloruro de magnesio, a menudo conocido como bischofita, es una forma de sal que se vende en los mercados de todo el mundo. Sus características físicas le permiten absorber y retener la humedad del aire, aumentar la tensión superficial del agua y reducir su presión de vapor. Su fórmula química es  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ . Evaluación del rendimiento del cloruro de magnesio hexahidratado (Bischofita), el estabilizador químico utilizado en las capas de rodadura granulares.

- **Compactación**

Indicativo de un cuerpo de estructura apretada, poco poroso y compacto, compactar es tanto una acción como un resultado (RAE - Real Academia Española, 2005). El cuerpo de un objeto comprimido tiene una textura apretada y no es extremadamente poroso. Por ejemplo, la muestra de suelo debe tener forma de cilindro para el ensayo Proctor o CBR.

- **CBR**

Una subrasante normal debe tener valores constantes en todo el segmento de carretera y valores porcentuales superiores o iguales al 6%, según el California Bearing Ratio, que calcula la capacidad portante de un suelo de la subrasante. California La prueba del coeficiente de carga, también conocida como CBR en inglés, determina la capacidad que tiene el suelo de la subrasante para soportar cargas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

- **Estabilización**

La Real Academia Española (2005) señala que la estabilización suele implicar el uso de un producto químico para detener el deterioro. Mediante la combinación de técnicas mecánicas y la adición de componentes químicos, ya sean naturales o manufacturados, un suelo puede ser mejorado en términos de sus propiedades físicas. Cualquier técnica de estabilización debe ir seguida de una operación de compactación para asegurarse de que la subrasante seguirá funcionando correctamente después de su uso. La estabilización de suelos se realiza para proporcionar al suelo la durabilidad mecánica y la resistencia que necesita a lo largo del tiempo. La adición de más suelo o de una o varias sustancias

estabilizadoras son dos ejemplos de técnicas de estabilización (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

- **Granulometría**

Esta área de la petrografía se centra principalmente en la medición de piedras, granos y otros elementos diminutos encontrados en el suelo. Se determina así el tamaño de cada piedra, grano, arena y otra partícula que compone un agregado y polvo (RAE - Real Academia Española, 2005).

- **Suelo**

Los proyectos de ingeniería civil, entre otros, emplean áridos no cementados como material de construcción (Braja, 2012). Las partículas sólidas, formadas por granos minerales y materiales orgánicos descompuestos, se llenan de líquido y gas.

- **Subrasante**

Los suelos elegidos para el asentamiento de la estructura de pavimento son una sección del prisma de la carretera construida sobre la topografía natural del terreno, se compactan en capas para dar el cuerpo estable perfecto. Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), la estructura del firme, que es un componente del prisma de la carretera construido sobre la topografía existente, se asienta inmediatamente.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

La adición de cloruro de magnesio hexahidratado influye significativamente al 4% en la estabilización de suelos en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- La adición de cloruro de magnesio hexahidratado influye significativamente en el tipo de suelo en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.
- La adición de cloruro de magnesio hexahidratado influye significativamente en la humedad natural en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.
- La adición de cloruro de magnesio hexahidratado influye significativamente en el índice de plasticidad en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.
- La adición de cloruro de magnesio hexahidratado influye significativamente en la densidad seca y húmeda en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.
- La adición de cloruro de magnesio hexahidratado influye significativamente en la capacidad de resistencia del suelo en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Definición conceptual de las variables**

#### **Variable 1**

#### **Cloruro de magnesio hexahidratado**

El cloruro sódico, una sustancia química cuya fórmula es NaCl, se conoce más frecuentemente como sal de mesa y tiene el nombre mineral de halita. Es una sal que contribuye a la salinidad total del océano y es una de las sales encargadas de ello. La sal (cloruro sódico) puede producirse de tres formas principales. La primera consiste en utilizar

el calor solar para evaporar el agua salada, lo que provoca la acumulación de residuos de sal (Hilario, 2015).

## **Variable 2**

### **Estabilización de suelos**

La estabilización del suelo es un proceso de dotar a los suelos de resistencia mecánica y garantizar que estas características perduren en el tiempo. Las técnicas varían y pueden adoptar diversas formas, como la incorporación de uno o más compuestos estabilizadores del suelo o la adición de tierra adicional. Cada dispositivo estabilizador va seguido del procedimiento de compactación (MTC, 2014).

## **2.5.2. Definición operacional de las variables**

### **Variable 1**

#### **Cloruro de magnesio hexahidratado**

Para las pruebas de análisis granulométrico, contenido de humedad, índice de plasticidad, proctor modificado y capacidad portante - CBR - se aplicará cloruro de magnesio hexahidratado, también conocido como bischofita, en cantidades variadas del 3%, 4% y 5% en relación con el peso de la muestra de suelo.

### **Variable 2**

#### **Estabilización de suelos**

El objetivo de la estabilización del suelo se debe lograr mediante su adición en diversas proporciones, con el objetivo que es determinar qué proporción de cloruro de magnesio hexahidratado y/o bischofita resulta en el mejor comportamiento que tiene el suelo en la región de la investigación.

La operacionalización de las variables de estudio se presenta en la tabla siguiente:

**Tabla 6. Operacionalización de variables**

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Instrumentos	Fuentes
<b>Cloruro de magnesio hexahidratado</b>	<p>El compuesto químico NaCl, a menudo conocido como sal común o halita en su forma mineral, es una sustancia común. Es una de las sales que contribuyen a la salinidad del océano. La técnica más antigua de producción de sal (cloruro sódico) consiste en utilizar el calor solar para que el agua salada se evapore y forme residuos salinos (HILARIO, 2015).</p>	Adición de cloruro de magnesio hexahidratado	Cantidad de cloruro de magnesio hexahidratado	Manual de Ensayo de materiales MTC 2016	Balanza digital con precisión de 0.01 g
<b>Estabilización de suelos</b>	<p>La resistencia mecánica y la durabilidad de tales cualidades a lo largo del tiempo es lo que constituye la estabilidad del suelo. Los métodos varían y pueden incluir la adición de suelo adicional o el uso de uno o más productos químicos estabilizadores. Independientemente del método de estabilización, el paso siguiente es la compactación (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).</p>	Tipo de suelo	Análisis granulométrico	Manual de Ensayo de materiales MTC 2016	Ficha de Granulometría por Tamizado (MTC E 107- 2016)
		Humedad natural	Contenido de humedad	Manual de Ensayo de materiales MTC 2016	Ficha de Contenido de humedad (MTC E 108-2016)
		Índice de plasticidad	Límite líquido, Límite plástico	Manual de Ensayo de materiales MTC 2016	Ficha de Límite de Atterberg (MTC E 110 – 2000/ MTC E 111- 2016)
		Densidad seca y humedad	Proctor modificado	Manual de Ensayo de materiales MTC 2016	Ficha de Proctor Modificado (MTC E 115 – 2016)
		Capacidad de resistencia del suelo	Ensayo CBR	Manual de Ensayo de materiales MTC 2016	Ficha de Proctor Modificado (MTC E 132 – 2016)

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de investigación**

El enfoque es un proceso de indagación para hacer frente a una serie de dificultades que no comprendemos y es una forma sistemática de emplear el pensamiento reflexivo, incluida la resolución de cuestiones sociales que aún no se han examinado o que apuntan en una dirección diferente. Esto concuerda con Sánchez et al. (2015), quienes señalan que el enfoque es el acto de indagar para resolver una serie de cuestiones que desconocemos.

En este sentido, el estudio es científico ya que producirá los datos y hallazgos que sean necesarios para hacer el estudio práctico de manera organizada y metódica.

### **3.2. Tipo de investigación**

El uso de la teoría en la investigación aplicada está directamente ligado a la investigación pura porque las ideas de esta última permiten estructurar respuestas prácticas a situaciones del mundo real (Ramírez, 2010).

Con la finalidad de beneficiar a las personas que transitan por la carretera Anexo León Pampa, que conecta con el Distrito de Colcabamba, el presente estudio hará uso de los conocimientos en el campo de pavimentos y suelos.

### **3.3. Nivel de investigación**

Dado que el objetivo principal del estudio es explicar las causas de las consecuencias y los acontecimientos físicos o sociales, podría clasificarse como un estudio de alcance o de nivel explicativo. Junto con un grupo de tratamiento de control y un grupo experimental, el estudio evaluará las características del suelo (la consecuencia) tras la aplicación de bischofita (cloruro de magnesio hexahidratado) en diversas cantidades (la causa).

### **3.4. Diseño de investigación**

Dado que "la esencia de esta concepción del experimento requiere la manipulación intencionada de una acción para analizar sus posibles resultados", el diseño de la investigación es experimental." El estudio pondrá a prueba esta teoría para ver cómo afectan a la estabilización del suelo los distintos niveles de adición de cloruro de magnesio hexahidratado. La técnica del estudio es experimental porque, según Hernández et al. (2014), "esta definición de experimento requiere la modificación intencional de una acción, con el fin de examinar sus resultados potenciales."

GE:  $O_1 \times O_2$

GC:  $O_3$

T0: Tratamiento control

T1: Suelo + Cloruro de magnesio hexahidratado al 3%

T2: Suelo + Cloruro de magnesio hexahidratado al 4%

T3: Suelo + Cloruro de magnesio hexahidratado al 5%

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población, según Castro (2016), es la suma de todos los componentes que conforman la realidad en estudio. Los hallazgos del estudio indican que el grueso de las carreteras en el departamento de Huancavelica no está pavimentada con niveles de subrasante y tienen longitudes entre 0 y 200 kilómetros, como se muestra en la ilustración.

#### **3.5.2. Muestra**

Es un subconjunto de la población que se selecciona mediante diversos métodos del conjunto de la población y se pretende que sea representativa de la misma, según Castro (2016). En consecuencia, la muestra de estudio, que pesa alrededor de 250 kg de suelo subrasante y se ubica a 200 metros de una carretera sin asfaltar en el distrito de Anexo León Pampa de Colcabamba en la provincia de Tayacaja del departamento de Huancavelica, es no probabilística y seleccionada al azar.



Figura 5. Anexo León Pampa - Colcabamba - Tayacaja – Huancavelica. Tomado de Google Earth

Por otra parte, la siguiente tabla ilustra cómo se manejaron las muestras de la investigación.

**Tabla 7. Tratamiento de muestras**

<b>N° de Muestra</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>1</b>	X1	Y1	Z1	W1
<b>2</b>	X2	Y2	Z2	W2
<b>3</b>	X3	Y3	Z3	W3
	$\bar{X}$	$\bar{Y}$	$\bar{Z}$	$\bar{W}$

### **3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Técnicas**

Los datos adecuados sobre las características y atributos de las unidades de investigación pueden recogerse correctamente mediante el proceso deliberado de observación (Carrasco, 2006). En consecuencia, éste fue el método utilizado para obtener los datos.

En consecuencia, la observación fue una de las técnicas utilizadas en el estudio a lo largo de la ejecución de los experimentos de laboratorio.

#### **3.6.2. Instrumentos**

Valderrama (2002) define los instrumentos de recogida de datos como "las herramientas físicas utilizadas por el investigador para recoger y almacenar datos". Además, se elegirán de forma que sean compatibles con los factores investigados.

Los instrumentos de recogida de datos del proyecto de estudio fueron las fichas de registro de las pruebas de laboratorio. Los formularios deben ser llenados y firmados para el formato de granulometría, restricciones de consistencia, proctor actualizado, y CBR se pueden encontrar en el apéndice de las pruebas de laboratorio.

### **3.7. Validación e instrumentos de recolección de datos**

Los equipos de recogida de datos se han hecho compatibles con las tarjetas de registro de los ensayos. El ingeniero encargado de los ensayos ha sellado estas tarjetas de registro con su aprobación. Además, se incluyen copias de certificados de calibración de los equipos de ensayo.

Las hojas de cálculo, tablas y figuras, por su parte, se emplearon para ilustrar los resultados de la investigación.

### 3.8. Procesamiento de la información

El procesamiento del estudio se produjo en tres fases, que fueron la etapa del gabinete, la etapa del campo y la etapa del laboratorio. Como se observa en el diagrama.

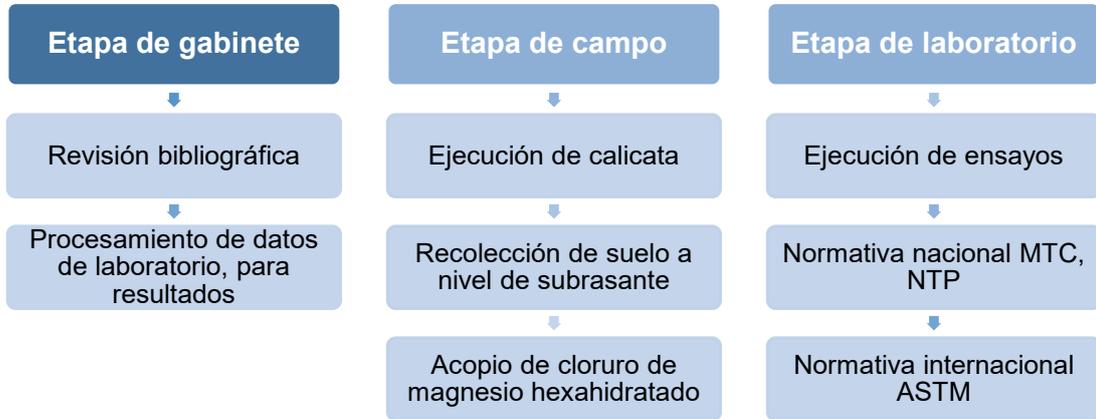


Figura 6. Esquema de procedimiento.

El protocolo de las pruebas de laboratorio, por su parte, se describe en las líneas que siguen.

#### 3.8.1. Análisis granulométrico

Al realizar el ensayo de tamizado (MTC E 107) de un material, se debe seguir el Manual de Ensayo de Materiales, utilizando como guía la norma ASTM D 422. Esto nos permitirá estimar los porcentajes de suciedad que pasan a través de los distintos tamices de ensayo hasta el tamiz N°200 (74mm) (MTC, 2016). La siguiente tabla muestra los distintos tamices de abertura cuadrada:

Tabla 8. *Serie de tamices de abertura cuadrada*

Tamices	Abertura (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
3/8"	9,500
N°4	4,760
N°10	2,000
N°20	0,840
N°40	0,425
N°60	0,260
N°140	0,106
N°200	0,075

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

### **3.8.2. Contenido de humedad**

La prueba del contenido de humedad del suelo sigue la norma ASTM D 2216, tal como se indica en el Manual de Pruebas de Materiales del MTC. Averiguar cuánta agua hay en un determinado volumen de suelo es el objetivo de la prueba. Según la creencia popular, la prueba E 108 del MTC se basa en este criterio.

### 3.8.3. Índice de plasticidad

La capacidad de una sustancia para soportar deformaciones se describe como la propiedad de un material de soportar deformaciones sin rebote elástico, sin fluctuaciones volumétricas y sin desmoronarse ni romperse. Esta propiedad se conoce como índice de plasticidad de un suelo. La diferencia de altura entre el límite líquido y el límite plástico sirve como factor determinante.

$$IP = LLL - LP$$

Para la prueba del límite líquido se utilizó la muestra de tierra con 200 gramos que había pasado por un tamiz del nº 40. Para crear una pasta con la tierra, se calculó cada peso individual de agua destilada. Al añadir la mezcla, la herramienta ranuradora hizo un agujero en el aparato Casagrande. A continuación, mientras se giraba la manivela hasta sellar la abertura, se contaba continuamente el número de golpes. Las pruebas se realizaron tres veces con recuentos de golpes que oscilaban entre 15 y 25, 20 y 30, y 25 y 35, respectivamente, con el fin de recopilar datos. Se realizaron investigaciones similares en suelos compuestos únicamente de tierra, así como en suelos con un 3%, 4% y 5% de cloruro de magnesio en relación con el peso de tierra seca.

Una parte de la muestra del límite líquido se utilizó para formar cilindros en una superficie plana con un diámetro inferior a 3,2 milímetros con el fin de probar el límite plástico. El tratamiento no debía fallar, y si los cilindros lo hacían, habría que rehacerlo. Una vez terminado, se tomaba una muestra del artículo y se introducía en una cápsula para determinar la cantidad de humedad que contenía. En este caso, también se hizo pruebas con muestras de tierra que contenían el 100% de la superficie, así como con muestras de tierra que contenían diversas concentraciones de cloruro de magnesio.

### **3.8.4. Densidad seca y humedad**

Para determinar la relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco de los suelos (curva de compactación), el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016) especifica que el ensayo de compactación de suelos en laboratorio requiere una energía modificada (Proctor modificado) con una energía de 2 700 kN (MTC E 115). Esta prueba también utiliza la norma ASTM D 1557 como referencia.

Se empleó el enfoque de la metodología de prueba C con un molde que tiene un diámetro de 6 pulgadas para la prueba. Este método requiere que el material pase 56 veces por un tamiz de cinco capas de 3/4 de pulgada. El material se añadió al molde, que se enrasó antes de tomar la muestra. Para determinar cuánta humedad había en el suelo, el siguiente paso fue hornear una muestra del material. Es fundamental tener en cuenta que la prueba debe realizarse cuatro veces en total para calcular la curva de compactación. Se realizaron experimentos similares con distintas concentraciones de cloruro de magnesio y el 100% de los distintos tratamientos del suelo.

### **3.8.5. Capacidad de resistencia del suelo**

El ensayo CBR, que se realiza en suelos en un laboratorio y sirve de referencia normativa, calibra la capacidad portante de un suelo. El método de ensayo estándar para determinar el California Bearing Ratio (CBR) de suelos compactados en laboratorio es el ASTM D 1883. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016) afirma que su principal objetivo es evaluar la resistencia potencial de la subrasante, la subbase y el material de base, incluidos los materiales reciclados, para su uso en pavimentos de carreteras y campos de aterrizaje.

Según la norma ASTM D, el CBR es la relación entre la fuerza unitaria suministrada al pistón y la fuerza necesaria para perforar el material de ensayo entre 2,5 mm y 5,1 mm (0,2 pulgadas). El porcentaje representa la relación.

La sustancia debía pasar por un tamiz de 3/4 pulg. antes de introducirse en un molde de 6 pulg. de diámetro y ensayarse mediante el método C modificado del ensayo Proctor. Cada estrato de las tres muestras distintas recibió entre 12 y 56 golpes. Se añadió papel de filtro a la base del molde después de que éste se hubiera limpiado por completo y se le hubiera dado la vuelta para retirar el disco espaciador. El disco espaciador y el papel de filtro se colocaron en el interior del molde de prueba una vez montado y, a continuación, se añadió la primera capa de tierra. A continuación, se comprimió la muestra con el número de golpes adecuado al tamaño de la muestra. La base del molde de prueba se cubrió con el papel de filtro una vez extraído el disco espaciador. A continuación, se fabricaron las muestras, se construyó una barra de medición para la expansión y el hinchamiento, se colocaron pesos para la sobrecarga a fin de cumplir con la carga del pavimento de 5,54 kg (10 lbf) y se realizaron mediciones cada 24 horas durante un total de 96 horas. Al finalizar la prueba de carga, se tomaron lecturas de carga en las penetraciones de 0,250 pulg., 0,500 pulg., 0,750 pulg., 1.000 pulg., 1,252 pulg., 1.500 pulg., 2.000 pulg., 3.000 pulg., 4.000 pulg. y 5.000 pulg. Al mismo tiempo, se midió la profundidad de penetración del pistón en la muestra de suelo.

También es importante examinar la secuencia del panel fotográfico, que demuestra el orden en que se realizaron las pruebas.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. Presentación de resultados**

##### **4.1.1. Cloruro de magnesio hexahidratado en el tipo de suelo en el Anexo León Pampa**

La siguiente tabla muestra los resultados del examen granulométrico del suelo del Anexo León Pampa, que nos permitió identificar el tipo de suelo:

**Tabla 9. Análisis granulométrico del suelo**

TAMIZ	ABERTURA	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
3"	76.2	0	0	0	100
2"	50.8	0	0	0	100
1 1/2"	38.1	0	0	0	100
1"	25.4	27.7	1.32	1.32	98.68
3/4"	19.05	11	0.53	1.85	98.15
1/2"	12.7	53.3	2.55	4.4	95.6
3/8"	9.53	17.6	0.84	5.24	94.76
1/4"	6.35	0	0	5.24	94.76
N°4	4.76	36.8	1.76	7	93
N°8	2.36	42.8	2.05	9.05	90.95
N°10	2	8	0.38	9.43	90.57
N°16	1.18	32	1.53	10.96	89.04
N°20	0.85	19.1	0.91	11.87	88.13
N°30	0.6	18.5	0.88	12.76	87.24
N°40	0.43	17.7	0.85	13.6	86.4
N°50	0.3	18.2	0.87	14.47	85.53
N°60	0.25	11.1	0.53	15	85
N°100	0.15	33	1.58	16.58	83.42
N°200	0.075	59.3	2.84	19.41	80.59
FONDO		1685.6	80.59	100	0
TOTAL		2091.7	100		

La figura muestra la curva granulométrica del análisis granulométrico realizado.



Figura 7. Curva granulométrica

Como se muestra en la tabla adjunta, también se determinó la proporción de grava, arena y finos utilizando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

**Tabla 10. Grupos de materiales según el SUCS**

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	
GRAVA	7
ARENA	12.42
FINO	80.59
TOTAL	100

Según la clasificación SUCS, la información recopilada permitió identificar el tipo de suelo CL, o arcilla ligera con arena. El tipo de suelo está clasificado por la AASHTO como A-4 (0), que es lo mismo que un suelo normal.

#### **4.1.2. Cloruro de magnesio hexahidratado en la humedad natural en el Anexo León Pampa**

El contenido de humedad natural del suelo en el Anexo León Pampa fue de 41,27%. La siguiente tabla muestra la fórmula utilizada para calcular el contenido de humedad del suelo.

**Tabla 11. Humedad natural del suelo**

Contenido de humedad del suelo	
Masa de recipiente (g)	84.95
Masa de recipiente + suelo húmedo (g)	489.9
Masa de recipiente + suelo seco (g)	371.6
Masa de agua	118.3
Masa de suelo seco (g)	286.65
Contenido de humedad (%)	41.27%

#### 4.1.3. Cloruro de magnesio hexahidratado en el índice de plasticidad en el Anexo León Pampa

Para el índice de plasticidad se establecieron los tratamientos de uso de suelo liso y suelo tratado con cloruro de magnesio a niveles del 3%, 4% y 5%. En la tabla se ofrece información sobre el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad de los tratamientos utilizados:

**Tabla 12. Índice plástico en los tratamientos**

Tratamiento	Límite líquido	Límite plástico	Índice plástico
Suelo 100%	24.46	15.55	8.91
Suelo + 3% cloruro de magnesio	25.44	16.44	9
Suelo + 4% cloruro de magnesio	26.91	16.66	10.25
Suelo + 5% cloruro de magnesio	25.27	17.16	8.11

En la figura, se evidencia la representación gráfica de la tabla anterior. Así mismo se puede apreciar que el índice plástico de los tratamientos con cloruro de magnesio se incrementa a diferencia del índice plástico del suelo natural.

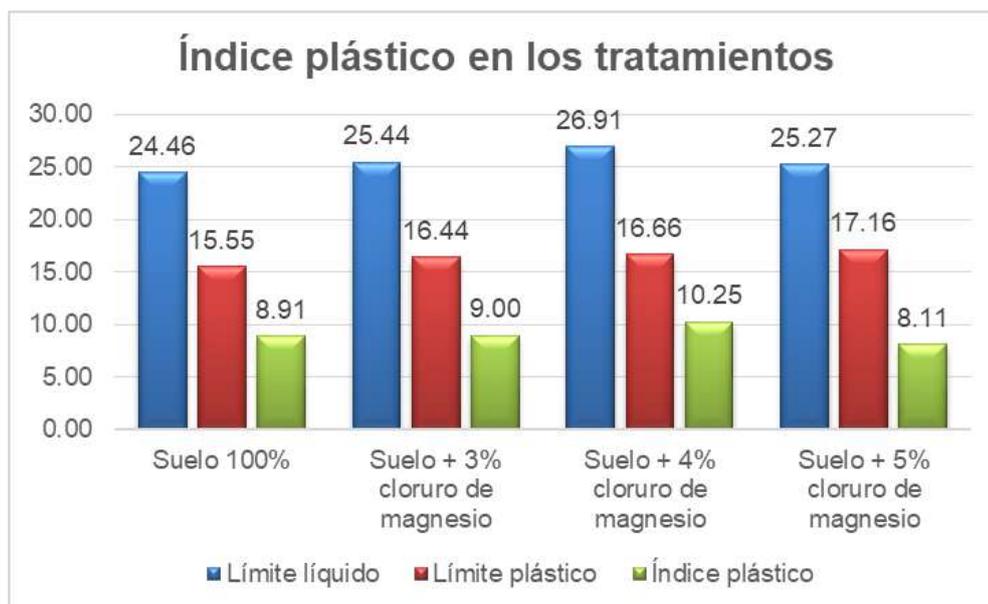


Figura 8. Índice plástico en los tratamientos

#### 4.1.4. Cloruro de magnesio hexahidratado en la densidad seca y humedad en el Anexo León Pampa

La tabla siguiente muestra resultados de la densidad seca máxima del Proctor modificada. En la siguiente imagen, también se representa gráficamente la información de la densidad seca máxima para los tratamientos.

**Tabla 13. Máxima densidad seca de los tratamientos**

Tratamientos	Muestras - MDS				MDS de tratam.
	1	2	3	4	
Suelo 100%	1.791	1.935	1.847	1.718	1.935
Suelo + 3% cloruro de magnesio	1.806	1.946	1.87	1.726	1.947
Suelo + 4% cloruro de magnesio	1.741	1.923	1.966	1.791	1.973
Suelo + 5% cloruro de magnesio	1.822	1.915	1.878	1.715	1.92

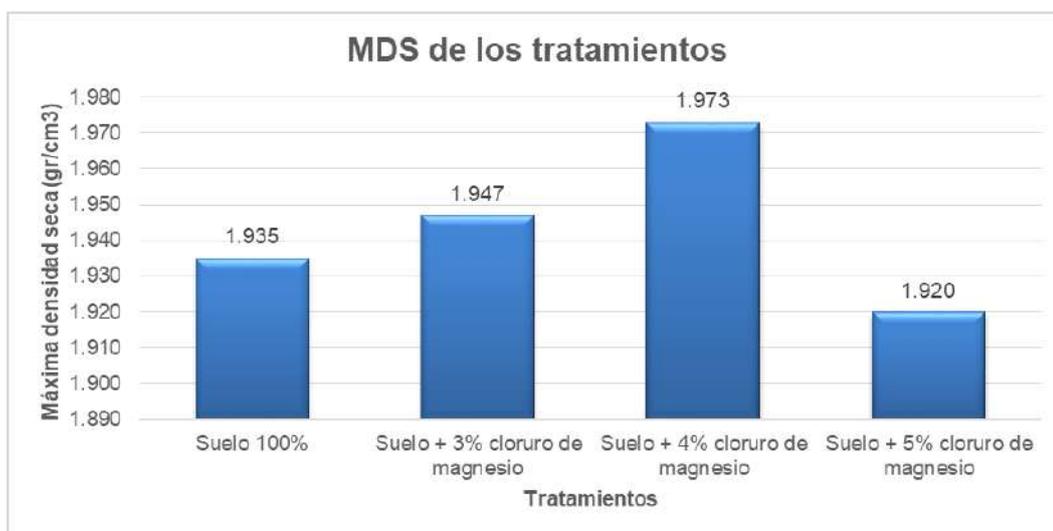


Figura 9. Máxima densidad seca de los tratamientos

También se alcanzó el contenido de humedad ideal, además de la densidad seca máxima (peso unitario seco) de los tratamientos, como se muestra en la tabla y la figura:

**Tabla 14. Óptimo contenido de humedad de los tratamientos**

Tratamientos	Muestras - OCH				OCH de tratam.
	1	2	3	4	
Suelo 100%	8.38	12.35	16.41	20.29	12.35
Suelo + 3% cloruro de magnesio	10.31	12.18	14.23	16.25	12.33
Suelo + 4% cloruro de magnesio	7.07	10.04	13.12	16.15	12.32
Suelo + 5% cloruro de magnesio	5.42	9.5	13.85	17.67	10.6



Figura 10. Máxima densidad seca de los tratamientos

#### 4.1.5. Cloruro de magnesio hexahidratado en la capacidad de resistencia del suelo en el Anexo León Pampa

En los resultados del ensayo CBR de laboratorio se muestran en la siguiente tabla al 95% y al 100% de la densidad seca máxima.

**Tabla 15. CBR al 95% de la máxima densidad seca**

Tratamientos	CBR al 95% de MDS	CBR al 100% de MDS
Suelo 100%	5.2	6.2
Suelo + 3% cloruro de magnesio	16.4	20.4
Suelo + 4% cloruro de magnesio	22.3	30.3
Suelo + 5% cloruro de magnesio	13.2	18.8

Las figuras también muestran los resultados en formato gráfico. Además, como puede observarse, el tratamiento del suelo 2 con cloruro de magnesio al 4% da lugar a valores de CBR considerables.

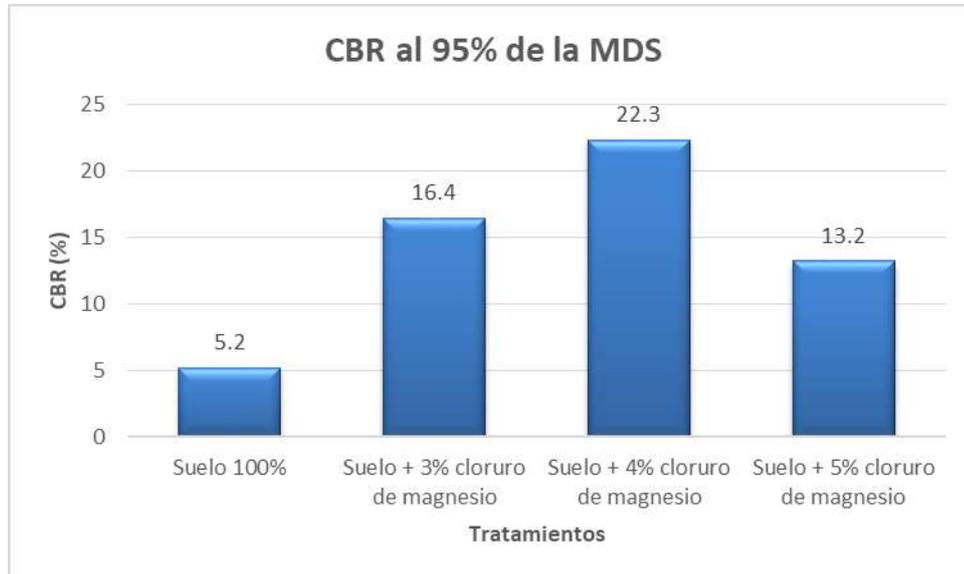


Figura 11. CBR al 95% de la MDS

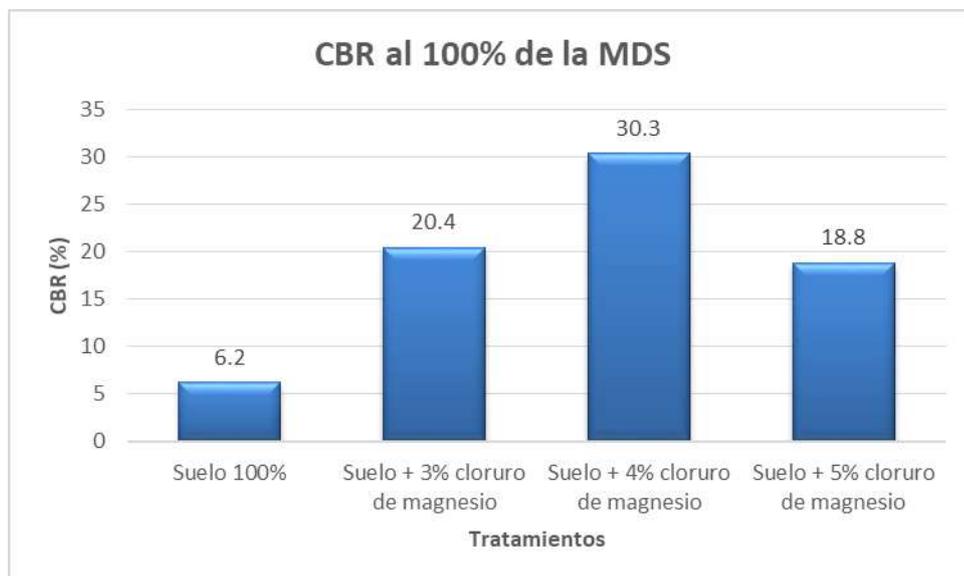


Figura 12. CBR al 100% de la MDS

## 4.2. Prueba de hipótesis

### 4.2.1. Cloruro de magnesio hexahidratado en el índice de plasticidad en el Anexo León Pampa

Para averiguar si el cloruro de magnesio hexahidratado afectaba a la plasticidad o al índice plástico, se realizó una correlación de Pearson. A continuación se presentan las teorías sugeridas.

Según H0, el cloruro de magnesio afecta significativamente a la flexibilidad del suelo. Se ha establecido que el cloruro de magnesio no cuenta con ningún efecto sobre la elasticidad del suelo. Los resultados del ejercicio de correlación se muestran en las tablas siguientes como datos de regresión y análisis de varianza.

**Tabla 16. Estadística de regresión, índice de plasticidad**

<b>Estadísticas de la regresión</b>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.5319
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.2829
R <sup>2</sup> ajustado	-0.0756
Error típico	0.6293
Observaciones	4

**Tabla 17. Estadística de regresión, índice de plasticidad**

	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Valor crítico de F</b>
Regresión	1	0.3125	0.3125	0.789	0.468
Residuos	2	0.7921	0.39605		
Total	3	1.1046			

También se calculó la curva de regresión utilizando la función que ofrecía el mayor ajuste a la distribución de los datos.



Figura 13. Índice de plasticidad, función polinómica

#### Interpretación:

El coeficiente de correlación múltiple (R) de 0,5319, si se tienen en cuenta los resultados de la regresión, muestra un modesto vínculo entre el suelo y el cloruro de magnesio hexahidratado. Sin embargo, la inyección de cloruro de magnesio hexahidratado es responsable del 73,93% de la varianza total del índice de plasticidad, según la curva de regresión de la función polinómica. La adición de cloruro de magnesio hexahidratado dio como resultado un coeficiente R<sup>2</sup> de 0,2829 y una determinación del 28,29% del índice de plasticidad. El valor crítico del análisis de la varianza fue de 0,468. Es evidente que se rechazó la hipótesis nula porque este número es superior a 0,05.

Los resultados implican que el índice de flexibilidad del suelo se ve afectado significativamente por el cloruro de magnesio hexahidratado.

## 4.2.2. Cloruro de magnesio hexahidratado en la densidad seca y húmeda en el Anexo León Pampa

### 4.2.2.1. Máxima densidad seca

Debido a la cantidad de datos recopilados, se utilizó el diseño de cuadrado latino para examinar el efecto del cloruro del magnesio sobre la densidad seca de los suelos. La cantidad de filas y columnas de datos necesaria para la organización de datos de esta arquitectura fue la misma.

La agrupación de datos para el diseño de cuadrado latino se muestra en la tabla siguiente.

**Tabla 18.** *Diseño de cuadrado latino, máxima densidad seca*

	M1	M2	M3	M4
T0	1.791	1.935	1.847	1.718
T1	1.806	1.946	1.87	1.726
T2	1.741	1.923	1.966	1.791
T3	1.822	1.915	1.878	1.715

Las tablas siguientes muestran cómo se distribuyen y clasifican los datos de densidad seca máxima de los suelos.

**Tabla 19.** *Diseño cuadrado latino, distrib. de datos, máxima densidad seca*

	M1	M2	M3	M4
T0	V1	V2	V3	V4
T1	V4	V3	V2	V1
T2	V2	V4	V1	V3
T3	V3	V1	V4	V2

**Tabla 20. Diseño cuadrado latino, datos, máxima densidad seca**

	M1	M2	M3	M4	Yj
T0	1.791	1.935	1.847	1.718	7.29
T1	1.726	1.87	1.946	1.806	7.35
T2	1.923	1.791	1.741	1.966	7.42
T3	1.878	1.822	1.715	1.915	7.33
Yi	7.32	7.42	7.25	7.41	29.39
	V1	V2	V3	V4	SUMATORIA
	7.16	7.72	7.56	6.95	29.39

Los valores de los parámetros de diseño del cuadrado latino se muestran en la tabla.

Estimación de parámetros

$$\begin{aligned} N \text{ total} &= 16 \\ n &= 4 \end{aligned}$$

Los cálculos pertinentes utilizados para elaborar el análisis de varianza se describen en las líneas siguientes.

- Término de corrección:

$$TC = \frac{X^2}{n^2} \quad (\text{Fórmula 1})$$

$$TC = 53.99$$

- Suma de cuadrados (total):

$$SCTO = \sum x^2_{ijk} - TC \quad (\text{Fórmula 2})$$

$$SC(\text{Total}) = 0.1105$$

- Suma de cuadrados (filas):

$$SC(\text{Filas}) = \frac{\sum Y_j^2}{n} - TC \quad (\text{Fórmula 3})$$

$$SC(\text{Filas}) = 0.0022$$

- Suma de cuadrados (columnas):

$$SC(\text{Columnas}) = \frac{\sum x_i^2}{n} - TC \quad (\text{Fórmula 4})$$

$$SC(\text{columnas}) = 0.0047$$

- Suma de cuadrados de las variables (máxima densidad seca):

$$SC(\text{máxima densidad seca}) = \frac{\sum Vi^2}{n} - TC \quad (\text{Fórmula 5})$$

$$SC(\text{máxima densidad seca}) = 0.0942$$

- Suma de cuadrados (error):

$$SCE = SC(\text{Total}) - (SC(\text{Filas}) + SC(\text{Columnas}) + SC(\text{máxima densidad seca})) \quad (\text{Fórmula 6})$$

$$SC(\text{Error}) = 0.0093$$

- Promedio:

$$\text{Promedio} = \frac{\sum \text{total}}{m*n} \quad (\text{Fórmula 7})$$

$$\text{Promedio} = 1.8369$$

- Cuadrado medio (error):

$$CM(\text{Error}) = \frac{SC(\text{Error})}{(m-1)*(n-1)} \quad (\text{Fórmula 8})$$

$$CM(\text{Error}) = 0.0010$$

- Coeficiente de varianza:

$$CV = \frac{\sqrt{CM(\text{Error})}}{\text{Promedio}} * 100 \quad (\text{Fórmula 9})$$

$$CV = 0.1755$$

Los cálculos se utilizaron para crear el análisis de varianza que se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 21. Análisis de varianza, máxima densidad seca**

Fuente	Gl	SC	CM	Fc	Ft
Fila(Tratamiento)	3	0.0022	0.0007	0.476	4.76
Columna (Muestra)	3	0.0047	0.0016	1.0081	4.76
Máxima densidad seca	3	0.0942	0.0314	20.1496	4.76
Error	6	0.0093	0.0016		
Total	15	0.1105			

Interpretación:

A partir de los resultados del análisis de la varianza, el valor F estimado se calculó en 20,1496, mientras que el valor F tabulado fue de 4,76. Se pueden utilizar tres grados de libertad para la fila (tratamientos) y seis grados de libertad para el error para demostrar que existe una diferencia significativa entre las medias de las variables a un nivel de significación de  $\alpha=0,05$ . La hipótesis nula debe rechazarse porque puede deducirse que la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en cantidades variadas afecta a la concentración máxima.

Además, los autores mencionan que aunque el valor F se dio como 4,76, en realidad se estimó que era 0,4710. Con tres grados de libertad para cada fila (tratamientos) y seis grados de libertad para el error, se observa que, a un nivel de significación de 0,05, no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las filas, lo que indica que los tratamientos que contienen diferentes cantidades de cloruro de magnesio hexahidratado no tienen un impacto apreciable en la densidad seca máxima.

Para determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las columnas, se compararon el valor F calculado de 1,0081 y el valor F tabulado de 4,76 con 3 grados de libertad para la columna (muestras) y 6 grados de libertad para el error, a un nivel de significación de  $\alpha=0,05$ . Como las muestras no tuvieron ningún efecto sobre la densidad seca máxima, se compararon las medias de las columnas. Dado que las muestras no tuvieron ningún efecto sobre la densidad seca máxima del suelo, puede concluirse que eran irrelevantes.

Los resultados implican que la densidad seca máxima del suelo se ve afectada por la adición de cloruro de magnesio hexahidratado a niveles del 3%, 4% y 5%. Sin embargo, la prueba Proctor modificada comparó las medias de densidad seca máxima del suelo mediante una prueba de Tukey. Para realizar este experimento se empleó el programa informático SPSS.

**Tabla 22. Prueba de Tukey, tratamientos MDS**

Tratamientos	N	Subconjunto	
		1	
,00	4	182,275	
3,00	4	183,250	
1,00	4	183,700	
2,00	4	185,525	
Sig.		,663	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,002.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

**Tabla 23. Prueba de Tukey, muestras MDS**

Muestras	N	Subconjunto	
		1	2
4,00	4	173,750	
1,00	4	179,000	
3,00	4		189,025
2,00	4		192,975
Sig.		,301	,522

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,002.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0.05.

#### Interpretación:

Los resultados de Tukey confirman la afirmación de que las medias tratamientos son comparables entre sí. La prueba Tukey reveló que las muestras 3 y 2 y las muestras 4 y 1 son comparables entre sí. Esto demuestra que la adición de cloruro de magnesio hexahidratado tuvo un impacto en la mayor densidad potencial seca del suelo.

#### 4.2.2.2. Óptimo contenido de humedad

El impacto del cloruro de magnesio como contenido óptimo de humedad del suelo se calculó utilizando el diseño cuadrado latino debido al volumen de datos que se recogieron. Para que este diseño funcione, los datos deben ordenarse en la misma cantidad de filas y columnas, que es exactamente lo que se hizo.

Los datos del diseño de cuadrado latino se clasifican en la siguiente tabla:

**Tabla 24.** *Diseño de cuadrado latino, óptimo contenido de humedad*

	M1	M2	M3	M4
T0	8.38	12.35	16.41	20.29
T1	10.31	12.18	14.23	16.25
T2	7.07	10.04	13.12	16.15
T3	5.42	9.5	13.85	17.67

Las tablas siguientes muestran la forma de distribución y ordenamiento de datos del óptimo contenido de humedad del suelo.

**Tabla 25.** *Diseño cuadrado latino, distribución de datos, óptimo contenido de humedad*

	M1	M2	M3	M4
T0	V1	V2	V3	V4
T1	V4	V3	V2	V1
T2	V2	V4	V1	V3
T3	V3	V1	V4	V2

**Tabla 26.** *Diseño cuadrado latino, datos, óptimo contenido de humedad*

	M1	M2	M3	M4	Yj
T0	8.38	12.35	16.41	20.29	57.43
T1	16.25	14.23	12.18	10.31	52.97
T2	10.04	16.15	7.07	13.12	46.38
T3	13.85	5.42	17.67	9.5	46.44
Yi	48.52	48.15	53.33	53.22	203.22

	V1	V2	V3	V4	Sumatoria
	31.18	44.07	57.61	70.36	203.22

La tabla muestra los valores de los parámetros de diseño del cuadrado latino.

Estimación de  
parámetros

$$\begin{aligned} N \text{ total} &= 16 \\ n &= 4 \end{aligned}$$

Los cálculos pertinentes utilizados para producir el análisis de varianza se describen en las líneas siguientes.

- Término de corrección:

$$TC = \frac{x^2}{n^2} \quad (\text{Fórmula 1})$$

$$TC = 2581.15$$

- Suma de cuadrados (total):

$$SCTO = \sum x^2_{ijk} - TC \quad (\text{Fórmula 2})$$

$$SC(\text{Total}) = 251.1962$$

- Suma de cuadrados (filas):

$$SC(\text{Filas}) = \frac{\sum Y_j^2}{n} - TC \quad (\text{Fórmula 3})$$

$$SC(\text{Filas}) = 21.8029$$

- Suma de cuadrados (columnas):

$$SC(\text{Columnas}) = \frac{\sum x_i^2}{n} - TC \quad (\text{Fórmula 4})$$

$$SC(\text{columnas}) = 6.1195$$

- Suma de cuadrados de las variables (óptimo contenido de humedad):

$$SC(\text{óptimo contenido de humedad}) = \frac{\sum Vi^2}{n} - TC \quad (\text{Fórmula 5})$$

$$SC(\text{óptimo contenido de humedad}) = 214.8017$$

- Suma de cuadrados (error):

$$SCE = SC(\text{Total}) - (SC(\text{Filas}) + SC(\text{Columnas}) + SC(\text{óptimo contenido de humedad})) \quad (\text{Fórmula 6})$$

$$SC(\text{Error}) = 8.4720$$

- Promedio:

$$\text{Promedio} = \frac{\sum \text{total}}{m*n} \quad (\text{Fórmula 7})$$

$$\text{Promedio} = 12.7013$$

- Cuadrado medio (error):

$$CM(\text{Error}) = \frac{SC(\text{Error})}{(m-1)*(n-1)} \quad (\text{Fórmula 8})$$

$$CM(\text{Error}) = 0.9413$$

- Coeficiente de varianza:

$$CV = \frac{\sqrt{CM(\text{Error})}}{\text{Promedio}} * 100 \quad (\text{Fórmula 9})$$

$$CV = 0.7639$$

El análisis de la varianza que se muestra en la tabla siguiente se produjo mediante el uso de los cómputos.

**Tabla 27. Análisis de varianza, máxima densidad seca**

Fuente	Gl	SC	CM	Fc	Ft
Fila (Tratamiento)	3	21.8	7.27	5.1471	4.76
Columna (Muestra)	3	6.12	2.04	1.4446	4.76
Óptimo contenido de humedad	3	214.8	71.6	50.7086	4.76
Error	6	8.47	1.41		
Total	15	251.2			

Interpretación:

El valor F calculado fue de 50,7086 y el tabulado de 4,76, según los resultados del análisis de la varianza. Es posible demostrar que existe una diferencia significativa entre las medias de las variables a un nivel de significación de  $\alpha=0,05$  utilizando 3 grados de libertad de fila (tratamientos) y 6 grados de libertad de error. Dado que el mayor rendimiento cambia cuando se añade cloruro de magnesio hexahidratado en diferentes cantidades, debe rechazarse la hipótesis nula.

El valor F calculado fue de 5,1471 y el tabulado de 4,76, según los autores, con 3 grados de libertad para cada fila (tratamientos) y 6 grados de libertad para el error. Cabe suponer que los tratamientos que contienen diferentes cantidades de cloruro de magnesio hexahidratado alteran el contenido óptimo de humedad, ya que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las filas al nivel de significación de 0,05.

Con 3 grados de libertad para la columna (muestras) y 6 grados de libertad para el error, se observa que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las columnas para el valor F computado de 1,4446 y el valor F tabulado de 4,76 al nivel de significación  $\alpha=0,05$ . Por lo tanto, puede afirmarse que las muestras no influyeron en la densidad seca máxima del suelo. Considerando el valor F estimado de 1,4446 y el valor F calculado de 4.

Según los resultados, la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en incrementos del 3%, 4% y 5% tiene un impacto en el nivel ideal de humedad del suelo. La prueba de Tukey se utilizó para comparar las medias del contenido de humedad ideal del suelo de la prueba Proctor modificada e identificar diferencias estadísticamente significativas. Esta prueba se ejecutó utilizando el programa SPSS.

**Tabla 28. Prueba de Tukey, tratamientos MDS**

Tratamientos	N	Subconjunto	
		1	
2,00	4	115,950	
3,00	4	116,100	
1,00	4	132,425	
,00	4	143,575	
Sig.		,054	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 1,621.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0.05.

**Tabla 29. Prueba de Tukey, muestras MDS**

Muestras	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
1,00	4	77,950			
2,00	4		110,175		
3,00	4			144,025	
4,00	4				175,900
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 1,621.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0.05.

#### Interpretación:

Según los resultados de la prueba de Tukey, puede decirse que las medias de los tratamientos son iguales. Las muestras 1, 2, 3 y 4 difirieron según la prueba de Tukey, lo que indica que la adición de cloruro de magnesio hexahidratado afectó al contenido óptimo de la humedad del suelo.

### 4.2.3. Cloruro de magnesio hexahidratado en la capacidad de resistencia del suelo en el Anexo León Pampa

Para evaluar los efectos del cloruro de magnesio hexahidratado, se desarrolló la correlación de Pearson. Las teorías examinadas fueron las siguientes.

*H0: El cloruro de magnesio afecta significativamente a la resistencia del suelo.*

*Ha: La resistencia del suelo no se ve afectada significativamente por el cloruro de magnesio.*

Las siguientes tablas muestran las estadísticas de regresión y el análisis de varianza de resultados del CBR al 95% de densidad seca máxima.

**Tabla 30. Estadística de regresión, capacidad de resistencia**

<b>Estadísticas de la regresión</b>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.5415
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.2933
R <sup>2</sup> ajustado	-0.0601
Error típico	7.3392
Observaciones	4

**Tabla 31. Estadística de regresión, capacidad de regresión**

	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Valor crítico de F</b>
Regresión	1	44.7005	44.7005	0.830	0.458
Residuos	2	107.727	53.8635		
Total	3	152.4275			

Del mismo modo, puede hallarse una curva de regresión con función que más se aproxime a la distribución de datos del CBR al 95% de la densidad seca máxima.

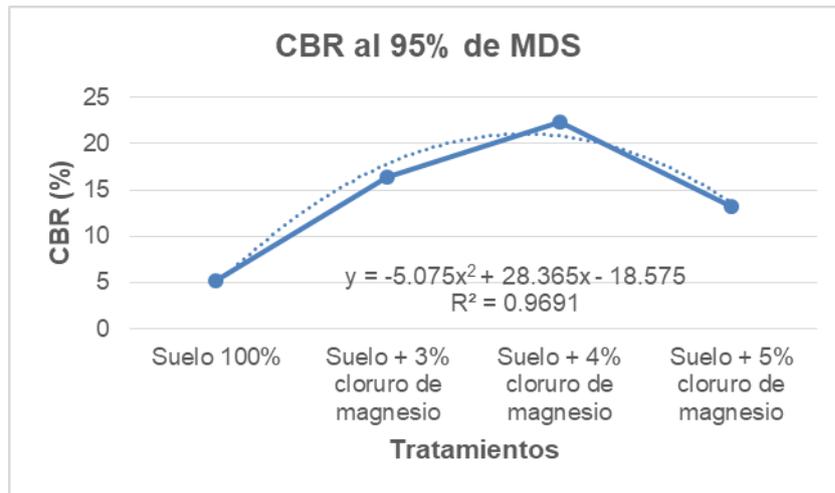


Figura 14. Capacidad de resistencia del suelo, función polinómica

**Interpretación:**

El coeficiente de correlación múltiple (R), que tiene un valor de 0,5415, indica una relación moderada entre las variables. Los resultados de las estadísticas de regresión constituyen el fundamento de estas conclusiones. Sin embargo, la curva de regresión de la función polinómica puede demostrar que la inyección de cloruro de magnesio hexahidratado es responsable del 96,91% de la capacidad de carga del suelo. La adición de cloruro de magnesio hexahidratado determina el 29,33% de la resistencia o capacidad portante del suelo, según el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) de 0,2933. El valor crítico F de 0,458 era superior a 0,05 y mayor que 0,05, según los resultados del análisis de la varianza, lo que sugería que debía rechazarse la hipótesis nula.

Basándose en los resultados de la prueba de hipótesis, es posible llegar a la conclusión de que la adición de cloruro de magnesio hexahidratado altera significativamente la capacidad portante del suelo arcilloso ligero mezclado con arena.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1. Discusión de resultados**

##### **5.1.1. Cloruro de magnesio hexahidratado en el tipo de suelo en el Anexo León Pampa**

Los resultados del estudio granulométrico del suelo fueron el peso retenido, el porcentaje parcial retenido, el porcentaje acumulado retenido y el porcentaje de paso. Además, se ha añadido la curva granulométrica. Esto demuestra la distribución del material que se recogió y demuestra que los finos constituían la mayor parte del material. Según SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), había 7% de grava, un 12,42% de arena y un 80,59% de partículas. Como resultado, la muestra de suelo satisface la definición SUCS de CL, arcilla ligera con arena. El tipo de suelo en cuestión está categorizado como A-4 (0) por la AASHTO, lo que denota que se trata de un suelo normal.

El tipo de suelo que se obtuvo, según (Araujo et al., 2017), sugiere que la estabilización con cloruro del magnesio hexahidratado (también llamado bischofita) es

necesaria para lograr la consolidación del suelo como subrasante, mejorar la resistencia al tráfico, alargar la vida útil de los neumáticos de los vehículos y reducir la emisión de las partículas finas en forma de polvo debido a la retención de humedad del suelo en zonas frías como el área de estudio.

### **5.1.2. Cloruro de magnesio hexahidratado en la humedad natural en el Anexo León Pampa**

Las lecturas de humedad natural del suelo del Anexo León Pampa arrojaron que la misma fue del 41,27%, lo cual es típico del suelo de la zona (arcilla liviana con arena). Dado que el Anexo León Pampa se encuentra en una región con bajas temperaturas, es posible concluir a partir de estos resultados que la incorporación de bischofita, o cloruro de magnesio hexahidratado, es fundamental porque evita la pérdida de humedad del suelo y le otorga resistencia al suelo de la subrasante. En el contexto de (Heitzer, 2017) titulado "Efectos de mezclas de cloruro sobre humedad en carreteras no pavimentadas", donde desarrollaron mezclas de suelo con cloruro de magnesio hexahidratado (bischofita) y cloruro de sodio, donde se probó la capacidad de retención de humedad del suelo con sales, la bischofita fue la que presentó el mejor desempeño entre todas las sales probadas. Como se necesita menos agua para regar las carreteras sin pavimentar cuando se utiliza cloruro de magnesio, se mejora el servicio y se reducen los costes.

### **5.1.3. Cloruro de magnesio hexahidratado en el índice de plasticidad en el Anexo León Pampa**

De acuerdo con las conclusiones del estudio sobre el índice de plasticidad de los suelos, el índice de plasticidad del suelo, con niveles variados de cloruro de magnesio hexahidratado o bischofita al 3%, 4% y 5% se calculó midiendo la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

Es importante tener en cuenta que el límite líquido permite calcular el contenido de agua al que el suelo puede transformarse en una consistencia de lechada capaz de fluir con poco esfuerzo (Departamento de Ingeniería Civil, Transporte y Territorio, 2015). Se trata de un factor crucial que debe tenerse en cuenta. Aunque la compresibilidad y plasticidad del suelo están relacionadas. Según la Tabla 4.6 del (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014), el suelo natural tiene un índice de plasticidad de 8,91, lo que indica que se tiene plasticidad media característica de las arcillas, determinada por el análisis granulométrico. El suelo natural tiene un límite plástico de 15,55 y un límite líquido de 24,46. Tanto la representación tabular como la gráfica así lo muestran. Esto se debe a que el suelo natural tiene un límite líquido de 24,46 y un límite plástico de 15. El límite líquido del suelo se determinó en 25,44, su límite plástico en 16,44 y su índice plástico en 9,00, todo lo cual indica que un suelo es generalmente plástico. La cantidad de cloruro de magnesio hexahidratado en el suelo en cuestión era del 3%. El suelo tenía un 4% de cloruro de magnesio hexahidratado, un índice plástico de 10,25 y un límite plástico de 16,66. Esto implica que el suelo tenía sólo una capa de cloruro de magnesio hexahidratado. Esto implica que el suelo tenía una plasticidad leve. Esto demuestra que el suelo tenía un grado moderado de plasticidad. La muestra de suelo de cloruro de magnesio hexahidratado al 5% tenía unos límites líquido y plástico que eran, respectivamente, 25,27 y 17,16. El índice plástico resultante es de 8,11, que es igualmente típico de los suelos arcillosos y denota un nivel modesto de flexibilidad en el suelo.

De forma similar, se realizaron estudios para investigar cómo cambiaría el índice de plasticidad del suelo con la adición de cloruro de magnesio hexahidratado. Se utilizó la correlación de Pearson para combinar los datos de regresión y realizar un análisis de varianza. El coeficiente de correlación múltiple del análisis de regresión, que mostró un vínculo muy débil entre el índice de plasticidad del suelo y el cloruro de magnesio hexahidratado, fue de 0,1679. El hecho de que hubiera poca correlación entre las dos variables corroboraba esta conclusión. Además, se descubrió un coeficiente de determinación de 0,0282, que mostraba un efecto del 2,82% de la inyección de cloruro de magnesio hexahidratado sobre el índice de plasticidad del suelo. La curva de regresión se calculó utilizando varias funciones. La función polinómica proporcionó el mejor ajuste a los datos, y los resultados indicaron que la adición de cloruro de magnesio hexahidratado afecta al índice de plasticidad del suelo en un 55,85%. Los resultados apoyan la hipótesis de que el cloruro de magnesio hexahidratado tiene un impacto significativo sobre el índice de flexibilidad del suelo en el Anexo de León Pampa.

#### **5.1.4. Cloruro de magnesio hexahidratado en la densidad seca y humedad en el Anexo León Pampa**

La figura 9 muestra las densidades máximas en seco de los tratamientos. El suelo 100% tenía una densidad seca máxima de 1,935 gr/cm<sup>3</sup>, comparada con 1,947 gr/cm<sup>3</sup> para el suelo que contenía 3% de cloruro de magnesio hexahidratado, 1,973 gr/cm<sup>3</sup> para el suelo que contenía 4% de cloruro de magnesio hidratado, y 1,920 gr/cm<sup>3</sup> para los suelos que contenía 5% de cloruro de magnesio hexahidratado.

Según la Figura 10, los niveles de humedad ideales para los tratamientos 0, 1 y 3 (suelos que contenían 3%, 4% y 5% de hexahidrato de cloruro de magnesio, respectivamente) fueron 12,35%, 12,33%, 12,32% y 10,60%. Los resultados confirmaron que el cloruro de magnesio se comportó como se esperaba en términos de

retención de la humedad del suelo, tal y como afirma (ARAUJO, et al., 2017). La concentración del 4% de cloruro de magnesio en el suelo aumentó significativamente y disminuyó ligeramente la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad del suelo en su estado natural. Los resultados mostraron que la densidad seca máxima del suelo se elevó por la presencia de cloruro de magnesio al 4%.

Por otra parte, se utilizó el diseño experimental de cuadrado latino para comprobar los resultados de la densidad seca máxima porque requería el mismo número de filas y columnas, lo que se cumplió con el volumen de datos de la prueba Proctor modificada. Este requisito lo satisfacía el ensayo Proctor modificado, por lo que se utilizó en su lugar. El paso inicial en el desarrollo de este diseño fue la disposición de la Tabla 18, que muestra la colocación de filas y columnas con los tratamientos y muestras necesarios. A continuación, los resultados se asignaron aleatoriamente, como puede verse en las Tablas 19 y 20. Una vez realizados todos los cálculos necesarios, la Tabla 21 muestra los resultados del análisis de la varianza. Los resultados de la tabla de análisis de la varianza permitieron concluir y demostrar que la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en cantidades variadas tiene un impacto sustancial en la densidad seca máxima del suelo. Para determinar si existía una diferencia significativa entre las medias, también se realizó la prueba de Tukey. En este experimento, se descubrió que el tratamiento 2 (suelo con un 4% de cloruro de magnesio hexahidratado) funcionaba mejor que el tratamiento 1 y que las medias de los tratamientos eran comparables. Además, se descubrió que las muestras 3 y 2 tenían valores de densidad seca más altos y que las medias de las muestras 4 y 1 eran iguales.

Utilizando datos de análisis de varianza derivados de un diseño experimental con cuadrados latinos, se estableció una prueba de hipótesis para el contenido de humedad adecuado. Este estudio muestra y valida que el contenido óptimo de humedad del suelo se ve afectado significativamente por la adición de cloruro de magnesio hexahidratado.

El tratamiento 2 (el suelo suplementado con cloruro de magnesio hexahidratado al 4%) presentó un contenido medio de humedad inferior al de los demás tratamientos, a pesar de que las medias de las cuatro muestras eran diferentes. Los resultados de la prueba de Tukey demostraron que las medias de los tratamientos eran comparables.

Según los datos recogidos, la inyección de cloruro de magnesio hexahidratado tiene un impacto sustancial sobre la densidad seca máxima y el contenido de humedad ideal del suelo Anexo León Pampa en Tayacaja.

Con ayuda de la investigación, se elaboró la tesis "Estabilización con bischofita y sal en el mantenimiento de carretera departamental no pavimentada" (COARITA, 2019). En el estudio se obtuvieron resultados similares. De acuerdo a la sección MO-107 "EMP. MO-107 PROGRESIVO 21+560 - 52+381 EMP.TA-105-Moquegua, 2018", la densidad seca máxima del suelo conteniendo bischofita incrementó sus valores y disminuyó los valores del contenido de humedad ideal.

#### **5.1.5. Cloruro de magnesio hexahidratado en la capacidad de resistencia del suelo en el Anexo León Pampa**

Según la tabla 4.11 del MTC (2014), el tratamiento natural del suelo tiene un CBR del 5,2%, lo que indica una subrasante inadecuada. El tratamiento del suelo 1 con cloruro de magnesio hexahidratado al 3% mostró una buena subrasante con un CBR del 16,4%. El CBR del tratamiento del suelo 2 con cloruro de magnesio hexahidratado al 4% es del 22,3%. En la figura 11 se muestran los resultados del CBR con un nivel de confianza del 95%. En la figura 11 se muestra un gráfico del CBR del suelo al 100% de su densidad seca máxima. Se obtuvo un CBR del 6,2%, o una subrasante normal, para el tratamiento del suelo al 100%. Con un CBR de 20,4%, el tratamiento de suelo 1 con 3% de cloruro de magnesio tenía una subrasante muy buena. Con un CBR de 30,3%, el tratamiento de suelo 2 con 4% de cloruro de magnesio tenía una buena subrasante.

El tratamiento del suelo 2 con cloruro de magnesio hexahidratado al 4% demostró valores mayores y resultados superiores en comparación con la adición de esta sal al suelo, según los datos del CBR. Esto fue así porque el tratamiento contenía cloruro de magnesio hexahidratado.

Pero para validar los resultados, es imprescindible verificar la hipótesis. El impacto de la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la capacidad de resistencia del suelo se investigó mediante la correlación de Pearson. Debido a su bajo coeficiente de determinación, la función polinómica fue la menos eficaz de las funciones creadas. El valor de la correlación múltiple de 0,5415 mostró una relación moderada entre el suelo y el cloruro de magnesio. El coeficiente de determinación fue de 0,2933, lo que significa que el 29. El 33% de la capacidad de resistencia del suelo viene determinada por la adición de cloruro de magnesio.

De las conclusiones y los resultados de la prueba de hipótesis se puede concluir que la adición de cloruro de magnesio hexahidratado al suelo tiene un efecto significativo en la capacidad del suelo para resistir la erosión, siendo el tratamiento de suelo 2, que contiene un 4% de cloruro de magnesio hexahidratado, el que presenta los mejores resultados. La información recopilada y los resultados de la prueba de hipótesis apoyan esta conclusión.

El estudio se beneficiará de conocer la historia de otros países y de Estados Unidos. Hallazgos similares se realizaron en la tesis titulada "Estabilización química con cloruro de magnesio en el diseño de la carretera - Villa Las Orquideas - Puente Piedra en 2016" que incrementó el valor CBR del suelo mediante la adición de 4% de cloruro de magnesio, precursor nacional de (Zambrano, 2017). Esta teoría establece que la resistencia a la tracción y durabilidad del suelo se incrementan con la adición de 3% de cloruro de magnesio. El estudio se realizó en 2016. En la tesis "Estabilización con bischofita y sal en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada MO-107 Tramo "EMP. MO-107 progresivas 21+560 - 52+381 EMP. TA-105-Moquegua,

2018", la adición de cloruro de magnesio en la proporción de 3% produjo mejores resultados que la adición de sal, según el antecedente nacional de (Coarita, 2019). Según la tesis titulada "Aplicación de cloruro de magnesio como alternativa natural para incrementar la estabilización de suelos de la carretera Juliaca-Caminaca, 2021", la adición de cloruro de magnesio al 7%, o bischofita como también se le conoce, incrementa el valor CBR del suelo a nivel de subrasante en la carretera Juliaca-Caminaca. La capa de rodadura granular utilizada en el tramo Espinar-Tintaya-Marquiri fue tratada y estabilizada con cloruro de magnesio hexahidratado (bischofita), según la tesis del mismo nombre del autor (HILARIO, 2015). Además de mejorar la calidad del suelo de la subrasante, se muestra cómo el cloruro de magnesio reduce la emisión de polvo, la pérdida de áridos y las discontinuidades del firme. En las secciones 2 y 3 de la tesis titulada "Influencia del cloruro de magnesio hexahidratado en las propiedades de la subrasante en carreteras sin pavimentar" de (Cosiche, 2019), también se identificó un tipo de suelo CL (arcillas limosas de plasticidad media). Con la adición de cloruro de magnesio hexahidratado, es obvio que la flexibilidad del suelo de subrasante en carreteras no pavimentadas disminuye y las propiedades físicas y mecánicas aumentan. Así pues, utilizando tierra, podría construirse una subrasante que contuviera un 4% de cloruro de magnesio.

Por el contrario, el artículo de investigación que se dio a conocer (BRAUER et al., 2019) también contribuyó. En él se describen los estudios que los autores realizaron con melaza, hidróxido de magnesio, TGC (Total Ground Control), cloruro de sodio y bischofita. Los autores determinaron que la bischofita funcionaba mejor que los demás productos. Como resultado, la investigación sugiere que la adición de bischofita, o cloruro de magnesio hexahidratado, mejora las cualidades de un suelo que contiene partículas diminutas al tiempo que reduce la cantidad de polvo que se emite a las carreteras.

## CONCLUSIONES

- Es necesario adicionar cloruro de magnesio hexahidratado al suelo para consolidarlo y estabilizarlo como subrasante. El tipo de suelo del Anexo León Pampa fue determinado por análisis granulométrico como CL, que es similar a una arcilla ligera con arena en la clasificación SUCS y A-4 en la clasificación AASHTO. Por consiguiente, este es el caso.
- El contenido de humedad del suelo era del 41,27%, que está dentro del rango para materiales de arcilla ligera y arena. La estabilización con cloruro de magnesio hexahidratado también es necesaria para mantener la humedad en el suelo estabilizado y proporcionar resistencia al suelo en el nivel de la subrasante en el lugar de estudio, donde la temperatura es baja. Se descubrió que el contenido de humedad del suelo era del 41,27%, lo que es típico de los materiales hechos de arena y arcilla ligera.
- Los investigadores llegaron a la conclusión de que el índice de flexibilidad del suelo se veía considerablemente afectado por el cloruro de magnesio hexahidratado en concentraciones del 3%, 4% y 5%. La adición de cloruro de magnesio hexahidratado es lo que produce el 73,93% del índice de flexibilidad del suelo, como demostró la prueba de hipótesis. Me refiero concretamente a la adición de cloruro de magnesio hexahidratado cuando el nivel de humedad del suelo y la densidad máxima seca son aceptables.
- Se ha descubierto que la adición de cloruro de magnesio tiene un impacto sustancial tanto en la densidad máxima seca como en el contenido de humedad del suelo adecuado para la subrasante en el Anexo León Pampa. Esto se debe a la adición de cloruro de magnesio hexahidratado. La prueba de hipótesis del diseño experimental de cuadrados latinos podría usarse para confirmar esto. Dado que los resultados para los tratamientos 0, 1, 2 y 3 fueron, respectivamente, 1,920 gr/cm<sup>3</sup> -

10,60% y 1,920 gr/cm<sup>3</sup> - 12,32% para la densidad seca máxima y el contenido de humedad ideal.

- Se determina que la adición de cloruro de magnesio hexahidratado tiene un efecto significativo sobre la capacidad portante del suelo porque los valores de CBR para los tratamientos 0 a 3 fueron 5,2%, 16,4%, 22,3% y 13,2%, respectivamente, y porque la adición hizo que la categoría de subrasante insuficiente pasara a ser una subrasante muy buena.
- En general, se puede concluir que el tratamiento 2 (suelo conteniendo 4% de cloruro de magnesio hexahidratado) produjo mejores valores de CBR y que la estabilización de los suelos de subrasante en la Pampa de León, Tayacaja y el Anexo Huancavelica tiene un impacto sustancial como resultado de la adición de cloruro de magnesio hexahidratado.

## RECOMENDACIONES

- Para identificar el material clorado típico, se aconseja realizar una prueba granulométrica con cloruro de magnesio hexahidratado o bischofita, según el tipo de suelo.
- Dado que el suelo tiene un alto contenido de humedad natural, se aconseja realizar pruebas con varias cantidades de cloruro de magnesio hexahidratado para ver cómo afecta el aditivo al suelo después de mezclarlo. Para evitar pérdidas de suelo, se aconseja manipular adecuadamente los componentes y la muestra.
- Para evitar variaciones en los resultados dentro de los límites de Atterberg, se aconseja realizar los experimentos sobre el índice de plasticidad del suelo que contiene cloruro de magnesio hexahidratado en un entorno de temperatura constante.
- Se aconseja prestar mucha atención a la adición de agua durante los intervalos de ensayo para lograr el contenido de humedad adecuado y la densidad seca máxima del suelo con la adición de cloruro de magnesio hexahidratado. Se recomienda también realizar un ensayo de compactación de campo para determinar el nivel de compactación del suelo de subrasante cuando se añade estabilización a una carretera.
- Con el fin de evitar el descarte de las muestras generadas, el investigador aconseja prestar atención al número de golpes por capa de punto de prueba al evaluar la capacidad portante del suelo con la adición de cloruro de magnesio hexahidratado.
- Para demostrar la utilidad del cloruro de magnesio hexahidratado, en general se aconseja investigar más a fondo su aplicación en suelos de materiales finos de diversos tipos, como limos y arcillas con alto contenido de plasticidad y arena. Además, es aconsejable evaluar e investigar el uso de cloruro de magnesio en diversas regiones con climas cálidos y secos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, C y VERA, W. 2017. "*Evaluación del comportamiento de la superficie de rodadura a nivel de afirmado estabilizado con cloruro de magnesio hexahidratado (Ocaña - Piuca/Camaná - Arequipa)*". Lima, Perú : Universidad de San Martín de Porres, 2017".
- BERNAL. 2010. "*Metodología de la investigación: administración, economía. humanidades y ciencias sociales*". Colombia : s.n., 2010".
- BRAJA, D. 2012. "*Mejoramiento del suelo y modificaciones del terreno. Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*". México : CENGAGE Learning, 2012".
- CARRASCO, D. 2017. "*Estabilización de los suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Moro a Virahuanca en el Distrito de Moro – Provincia del Santa*". Chimbote, Perú : s.n., 2017".
- CARRASCO, S. 2006. "*Metodología de la investigación científica*". Lima, Perú : San Marcos, 2006. ISBN: 9972-34-242-5".
- CASTRO, A. 2017. "*Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cáscara de arros para el mejoramiento de subrsante*". Lima, Perú : Universidad Nacional de Ingeniería, 2017".
- CASTRO, E. 2016. "*Teoría y práctica de la investigación científica*". Huancayo, Perú : PERUGRAPH SRL, 2016. Propiedad del autor".
- CHÁVEZ, E. 2019. "*Comparación del cloruro de magnesio (Bischofita) frente al cloruro de sodio como estabilizante químico para mejorar la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, distrito de Pirañas - Talara - Piura, 2018*". Trujillo, Perú : Universidad Privada Antenor Orrego, 2019".
- COARITA, M. 2019. "*Estabilización con bischofita y sal en el mantenimiento de la carretera departamental no pavimentada MO-107 Tramo "EMP. MO-107 progresiva 21+560 - 52+381 EMP. TA-105-Moquegua, 2018"*". Tacna, Perú : Universidad Privada de Tacna, 2019".

- COSICHE, G. 2019. "*Influencia del cloruro de magnesio hexahidratado en las propiedades de la subrasante en carreteras no pavimentadas*. Huancayo - Perú : Universidad Peruana Los Andes, 2019".
- CRESPO, C. 2008. "Granulometría. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México : LIMUSA S.A., 2008".
- . 2008. "Plasticidad de los suelos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México : LIMUSA S.A., 2008".
- DE LA CRUZ, L y SALCEDO, K. 2016. "*Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palián - Huancayo - Junín*. Huancayo, Perú : Universidad Peruana Los Andes, 2016".
- Departamento de Ingeniería Civil, Transporte y Territorio. 2015. LC web. LC web. [En línea] 2015. [http://www2.caminos.upm.es/departamentos/ict/lcweb/ensayos\\_suelos/limite\\_liquido.html](http://www2.caminos.upm.es/departamentos/ict/lcweb/ensayos_suelos/limite_liquido.html).
- Estilo del comportamiento de una carpeta de rodado estabilizada con cloruro de calcio*. MORALES, E y PAILACURA, C. 2019. 26, Antofagasta, Chile : Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica del Norte, 2019, Obras y proyectos. ISSN: 0718-2813.
- Evaluación de la efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado (Bischofita) como estabilizador químico de capas de rodadura granulares*. THENOUX, G y VERA, S. 2002. 265, Chile : Materiales de Construcción - Pontificia Universidad Católica de Chile , 2002, Vol. 52. ISSN: 0465-2746.
- Evaluación de productos para el control de polvo ambiental en caminos mineros*. BRAUER, D, GIUBERGIA, A y GIL-COSTA, V. 2019. 2, San Luis, Argentina : Universidad Nacional de San Luis, Argentina, 2019, Vol. 35. ISSN: 1993 8012.
- HEITZER, C. 2017. "*Efectos de mezclas de cloruros en la humedad de caminos no pavimentados*. Valparaíso, Chile : Universidad Técnica Federico Santa María, 2017".

- HERNÁNDEZ, R, FERNÁNDEZ, C y BAPTISTA, P. 2014. "*Metodología de la investigación*. México : McGraw-Hill, 2014. 978-1-4562-2396-0".
- HILARIO, F. 2015. "*Aplicación y evaluación de cloruro de magnesio hexahidratado (bischofita) como tratamiento y estabilizador de la capa de rodadura granular aplicado en el tramo de la carretera Espinar - Tintaya - Marquiri*. Arequipa, Perú : Universidad Nacional de San Agustín , 2015".
- LARREA, B y RIVAS, J. 2019. "*Estabilización de suelos arcillosos con cloruro de sodio y cloruro de calcio*. Guataquil, Ecuador : Universidad Católica de Santiago de Guayaquil , 2019".
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2016. "*Manual de Ensayo de Materiales*. Lima, Perú : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016.
- . 2014. Capítulo III - Componentes de la infraestructura del camino. *Manual de carreteras. Sección suelos y pavimentos*. Lima, Perú : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014".
- Ministerio de Transportes y comunicaciones. 2014. "Capítulo IV - Suelos. *Manual de carreteras - Sección suelos y pavimentos*. Lima, Perú : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014".
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2014. "Capítulo IX - Estabilización de suelos. *Manual de carreteras - Sección suelos y pavimentos*. Lima, Perú : Ministerio de Transportes y Comunicaicnes, 2014".
- RAE - Real Academia Española. 2005. "*Diccionario de la Lengua Española*. Lima, Perú : QUEBECOR WORLD PERÚ S.A., 2005. ISBN: 9972-58-138-1".
- RAMÍREZ, R. 2010. "*Proyecto de investigación. Cómo se hace una tesis*. Lima, Perú : Fondo Editorial AMADP. Lima, Perú, 2010. DERECHOS RESERVADOS".
- SÁNCHEZ, H y REYES, C. 2015. "*Metodología y diseños de la investigación científica*. Lima, Perú : Business Support Aneth, 2015. 978-612-46842-2-7".

- SUÁREZ, J. 1998. "Mejoramiento de la resistencia de suelos. *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga, Colombia : s.n., 1998".
- TICONA, W y GARCÍA, P. 2021. "*Aplicación del cloruro de magnesio como alternativa natural para incrementar la estabilización del suelo de la carretera Juliaca - Caminaca, 2021*. Lima, Perú : Universidad César Vallejo, 2021".
- VALDERRAMA, S. 2002. "*Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. Lima, Perú : San Marcos E.I.R.L., 2002".
- VALERO, L. 1978. "*Compactación en carreteras y aeropuertos*. Barcelona, España : Eyrolles, 1978".
- WIRTGEN GROUP. 2021. "WIRTGEN GROUP - Estabilización de suelos. *WIRTGEN GROUP - Estabilización de suelos*. [En línea] 16 de Febrero de 2021. <https://www.wirtgen-group.com/es-mx/aplicaciones/obras-de-movimiento-de-tierras/estabilizacion/#36177>".
- ZAMBRANO, J. 2017. "*Estabilización química con cloruro de magnesio en el diseño del camino - Villa Las Orquídeas - Puente Piedra en el 2016*. Lima, Perú : Universidad Cesar Vallejo, 2017".
- ZANS, J. 1975. *Mecánica de suelos*. Barcelona, España : Eyrolles, 1975.

## **ANEXOS**

### Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general:</b> ¿De qué manera influye la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de suelos en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica - 2020?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Determinar la influencia de la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de suelos en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.</p>	<p><b>Antecedente nacional:</b> Según (ZAMBRANO, 2017), en la tesis “Estabilización química con cloruro de magnesio en el diseño del camino - Villa Las Orquídeas - Puente Piedra en el 2016”. Con el objetivo de determinar los beneficios estructurales que tiene el cloruro de magnesio aplicado como estabilizador químico de suelos en el diseño del camino Villa Las Orquídeas. La primera parte del diseño se estudió las propiedades del suelo (granulometría por tamizado, límites de consistencia, Proctor modificado y CBR). La segunda parte consistió en aplicar al terreno en estudio el cloruro de magnesio. Como resultado se obtuvo el incremento de la resistencia y compresión del suelo (CBR&gt; 50%-60%). Llegó a la conclusión que el Cloruro de Magnesio aumenta la resistencia y durabilidad del suelo con una dosis del 3% el cual es el óptimo contenido de sustancia química.</p> <p><b>Antecedente internacional:</b> Según (HEITZER, 2017) en la tesis titulada “Efectos de mezclas de cloruros en la humedad de caminos no pavimentados”. Con el objetivo de estudiar el efecto y comportamiento que tienen distintas mezclas de sales y tipos de suelos, en la absorción, retención y pérdida de humedad. Para el desarrollo de la investigación se elaboraron probetas con distintos tipos de suelos, tipos y concentraciones de sales de cloruro de magnesio hexahidratado (MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) o también conocido como bischofita y cloruro de sodio (NaCl), Los resultados obtenidos demostraron y comprobaron la capacidad de absorción y retención de humedad de las muestras con sales y en especial la bischofita debido a su propiedad higroscópica. Llegó a la conclusión de que las mezclas con sales permiten retardar la evaporación en los suelos, lo que se traduce en una disminución del consumo de agua para riego en los caminos no pavimentados, un mejor nivel de servicio y menor costo de mantenimiento.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> La adición de cloruro de magnesio hexahidratado influye significativamente al 4% en la estabilización de suelos en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.</p>	<p><b>Variable independiente:</b> Cloruro de magnesio hexahidratado</p> <p><b>Dimensión:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Adición de cloruro de magnesio hexahidratado.</li> </ul>	<p><b>Método:</b> Científico <b>Tipo:</b> Aplicada <b>Nivel:</b> Explicativa <b>Diseño:</b> Experimental</p> <p>GE: O<sub>1</sub> x O<sub>2</sub> GC: O<sub>3</sub></p> <p>T0: Tratamiento control T1:S+Cloruro de magnesio hexahidratado 3% T2:S+ Cloruro de magnesio hexahidratado 4% T3:S+Cloruro de magnesio hexahidratado 5%</p>
<p><b>Problemas específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿De qué manera influye la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en el tipo de suelo en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica - 2020?</li> <li>¿De qué manera influye la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la humedad natural en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica - 2020?</li> <li>¿De qué manera influye la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en el índice de plasticidad en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica - 2020?</li> <li>¿De qué manera influye la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la densidad seca y húmeda en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica - 2020?</li> <li>¿De qué manera influye la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la capacidad de resistencia del suelo en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica - 2020?</li> </ul>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar la influencia de la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en el tipo de suelo en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.</li> <li>Establecer la influencia de la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la humedad natural en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.</li> <li>Clasificar la influencia de la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en el índice de plasticidad en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.</li> <li>Evaluar la influencia de la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la densidad seca y húmeda en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.</li> <li>Demostrar la influencia de la adición de cloruro de magnesio hexahidratado en la capacidad de resistencia del suelo en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.</li> </ul>	<p><b>Marco referencial:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cloruro de magnesio hexahidratado</li> <li>Propiedades del suelo</li> <li>Estabilización de suelos</li> </ul>	<p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La adición de cloruro de magnesio hexahidratado influye significativamente en el tipo de suelo en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.</li> <li>La adición de cloruro de magnesio hexahidratado influye significativamente en la humedad natural en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.</li> <li>La adición de cloruro de magnesio hexahidratado influye significativamente en el índice de plasticidad en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.</li> <li>La adición de cloruro de magnesio hexahidratado influye significativamente en la densidad seca y húmeda en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.</li> <li>La adición de cloruro de magnesio hexahidratado influye significativamente en la capacidad de resistencia del suelo en el Anexo León Pampa, Tayacaja, Huancavelica – 2020.</li> </ul>	<p><b>Variable dependiente:</b> Estabilización de suelo</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tipo de suelo</li> <li>Humedad natural</li> <li>Índice de plasticidad</li> <li>Densidad seca y humedad</li> <li>Capacidad de resistencia del suelo</li> </ul>	<p><b>Población y muestra:</b> <b>Población:</b> La población está compuesta por los suelos de las carreteras de la Huancavelica. <b>Muestra:</b> La muestra es no probabilística y por conveniencia, la cual está delimitada por 200m de carretera del Anexo León Pampa, distrito de Colcabamba, provincia de Tayacaja - Huancavelica</p> <p><b>Técnicas de recolección de datos:</b> No documental (Fichas de observación experimental)</p> <p><b>Técnicas de procesamiento de datos:</b> Análisis de varianza Los análisis serán realizados con el software MS-Excel 2013.</p>

## **PANEL FOTOGRÁFICO**

## 1. EXCAVACION DE CALICATA

Fotografía N° 1: Extracción de las muestras de calicata



Fotografía N° 2: Vista de las muestras extraídas llevadas a laboratorio





#### 4. LIMITES DE ATTERBENG

Fotografía N° 5: Ensayo de Limite Líquido convencional. Según la NTP 339.129.



Fotografía N° 6: Ensayo de Limite Líquido con adición de 3% cloruro de magnesio. Según la NTP 339.129.



**Fotografía N° 7:** Ensayo de Limite Líquido con adición de 4% cloruro de magnesio. Según la NTP 339.129.



**Fotografía N° 8:** Ensayo de Limite Líquido con adición de 5% cloruro de magnesio. Según la NTP 339.129.



**Fotografía N° 9:** Ensayo de Límites Plástico convencional. Según la NTP 339.129.



**Fotografía N° 10:** Ensayo de Límites Plástico con adición de 3% cloruro de magnesio. Según la NTP 339.129.



**Fotografía N° 11:** Ensayo de Límites Plástico con adición de 4% cloruro de magnesio. Según la NTP 339.129.



**Fotografía N° 12:** Ensayo de Límites Plástico con adición de 5% cloruro de magnesio. Según la NTP 339.129.



## 5. PROCTOR MODIFICADO

**Fotografía N°13:** Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes Según la NTP 339.141.



**Fotografía N° 14:** Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, adición de 3% cloruro de magnesio Según la NTP 339.141.



**Fotografía N° 15:** Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, adición de 4% cloruro de magnesio r Según la NTP 339.141.



**Fotografía N° 16:** Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, adición de 5% cloruro de magnesio Según la NTP 339.141.



## 6. ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

**Fotografía N° 17:** Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes. Según la NTP 339.175:2002.



**Fotografía N° 18:** Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes con adición 3% cloruro de magnesio. Según la NTP 339.175:2002.



**Fotografía N° 19:** Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes con adición 4% cloruro de magnesio. Según la NTP 339.175:2002.



**Fotografía N° 20:** Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes con adición 5% cloruro de magnesio. Según la NTP 339.175:2002.



## 7. LECTURA DE EXPANSIÓN

**Fotografía N° 21:** sumergido de los moldes por 96 horas siendo medido la expansión cada 24 horas. Según la NTP 339.175:2002.



**Fotografía N° 22:** sumergido de los moldes por 96 horas siendo medido la expansión cada 24 horas con adición de 3% de cloruro de magnesio. Según la NTP 339.175:2002.



**Fotografía N° 23:** sumergido de los moldes por 96 horas siendo medido la expansión cada 24 horas con adición de 4% de cloruro de magnesio. Según la NTP 339.175:2002.



**Fotografía N° 24:** sumergido de los moldes por 96 horas siendo medido la expansión cada 24 horas con adición de % de cloruro de magnesio. Según la NTP 339.175:2002.



## 8. LECTURA DE PENETRACIÓN (CBR)

**Fotografía N° 25:** Ensayo para la determinación de un índice de resistencia del suelo, Lectura de penetración en el dial, 0.025 plg a 0.500 plg convencional. Según la norma 339.175:2002.



**Fotografía N° 26:** Ensayo para la determinación de un índice de resistencia del suelo, Lectura de penetración en el dial, 0.025 plg a 0.500 plg con adición de 3% cloruro de magnesio. Según la norma 339.175:2002.



**Fotografía N° 27:** Ensayo para la determinación de un índice de resistencia del suelo, Lectura de penetración en el dial, 0.025 plg a 0.500 plg con adición de 4% cloruro de magnesio. Según la norma 339.175:2002.



**Fotografía N° 28:** Ensayo para la determinación de un índice de resistencia del suelo, Lectura de penetración en el dial, 0.025 plg a 0.500 plg con adición de 5% cloruro de magnesio. Según la norma 339.175:2002.



## **ENSAYOS DE LABORATORIO**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA GEO TEST  
V. SAC

DIRECCIÓN	: JR. GRAU N° 211-CHILCA	E-MAIL	: LABGEOESTV02@GMAIL.COM
	(REF: UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)		GEOEST.V@GMAIL.COM
CELULAR	: 952525151 - 972831911-991375093	FACEBOOK	: Geo Test V S.A.C
		RUC	: 20606529239



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCAMELICA - 2020		
Expediente N°	: EXP-55-GEO-TEST-V-2021		
Código de formato	: GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera	: COLCABAMBA
Peticionario	: CARBAJAL CONDORI, ABEL	N° de muestra	: MUESTRA N°1
Ubicación	: LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCAMELICA	Clase de material	: ARCILLA LIGERA CON ARENA
Estructura	: VARIOS	Fecha de emisión	: FEBRERO - 2022
Fecha de recepción	: DICIEMBRE - 2021		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
MTC E 107

Hoja: 01 de 02

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	27.70	1.32	1.32	98.68
3/4"	19.05	11.00	0.53	1.85	98.15
1/2"	12.70	53.30	2.55	4.40	95.60
3/8"	9.53	17.60	0.84	5.24	94.76
1/4"	6.35	0.00	0.00	5.24	94.76
N° 4	4.76	36.80	1.76	7.00	93.00
N° 8	2.36	42.80	2.05	9.05	90.95
N° 10	2.00	8.00	0.38	9.43	90.57
N° 16	1.18	32.00	1.53	10.96	89.04
N° 20	0.85	19.10	0.91	11.87	88.13
N° 30	0.60	18.50	0.88	12.76	87.24
N° 40	0.43	17.70	0.85	13.60	86.40
N° 50	0.30	18.20	0.87	14.47	85.53
N° 60	0.25	11.10	0.53	15.00	85.00
N° 100	0.15	33.00	1.58	16.58	83.42
N° 200	0.075	59.30	2.84	19.41	80.59
FONDO		1685.6	80.59	100.00	0.00
TOTAL		2091.70	100.00 %		

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	
GRAVA	7.00 %
ARENA	12.42 %
FINO	80.59 %
<b>TOTAL</b>	<b>100.00 %</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (NTP 339.127)	
Código de recipiente	A-60
Masa de recipiente (g)	84.95 g
Masa de recipiente + suelo húmedo (g)	489.90 g
Masa de recipiente + suelo seco (g)	371.60 g
Masa de agua (g)	118.30 g
Masa de suelo seco (g)	286.65 g
Contenido de humedad %	41.27 %



Simbolo del grupo (SUCS)	=	CL
Nombre del grupo (SUCS)	=	ARCILLA LIGERA CON ARENA
AASHTO	=	A-4 (0)

*Luis Gamarrta Espinoza*  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198161

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA GEO TEST  
V. SAC

DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - CHILCA

E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM

(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL BRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)

GEOEST.V@GMAIL.COM

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C

RUC : 20606529229



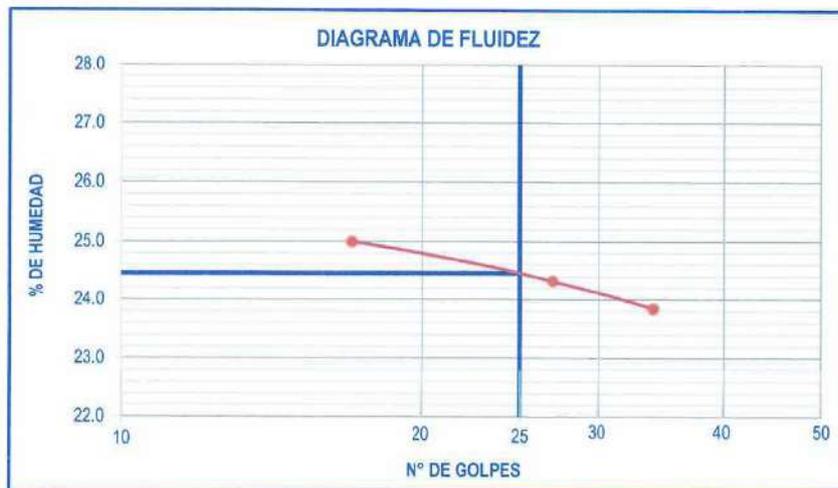
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCAMELICA -2020		
Expediente N°	: EXP-55-GEO-TEST-V-2021		
Codigo de formato	: GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera	: COLCABAMBA
Peticionario	: CARBAJAL CONDORI, ABEL	N° de muestra	: MUESTRA N°1
Ubicación	: LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCAMELICA	Clase de material	: ARCILLA LIGERA CON ARENA
Estructura	: VARIOS	Fecha de emisión	: FEBRERO - 2022
Fecha de recepcion	: DICIEMBRE - 2021		

Hoja: 02 de 02

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS  
MTC E 110-111

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	35	188	32	70	64
Nro. De cápsula	35	188	32	70	64
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	40.00	47.20	46.50	26.75	25.90
Masa cápsula + Suelo seco (g)	34.40	41.33	39.80	25.44	24.70
Masa cápsula (g)	12.00	17.20	11.70	17.00	17.00
Masa del agua (g)	5.60	5.87	6.70	1.31	1.20
Masa del suelo seco (g)	22.40	24.13	28.10	8.44	7.70
Contenido de humedad %	25.00 %	24.33 %	23.84 %	15.52 %	15.58 %
Nro. De golpes	17	27	34	I	II



LÍMITE LÍQUIDO	
LL. :	24.46

LÍMITE PLÁSTICO	
LP. :	15.55

ÍNDICE PLÁSTICO	
IP. :	8.91

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT:ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

*Luis Gamarrá Espinoza*  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198151

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA  
**GEO TEST V. S.A.C.**

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA  
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.  
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)  
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229  
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com  
geotest.v@gmail.com.  
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



# *Índice plástico con adición del 3% de cloruro de magnesio hexahidratado*

  
 Luis Gamarra Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 198161

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA GEO TEST  
V. SAC**

DIRECCIÓN	: JR. GRAU N° 21 I-CHILCA	E-MAIL	: LABGEOESTVD2@GMAIL.COM
	(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROGARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)		GEOEST.V@GMAIL.COM
CELULAR	: 952525151 - 972831911-991375093	FACEBOOK	: GEO TEST V S.A.C.
		RUC	: 20606529229

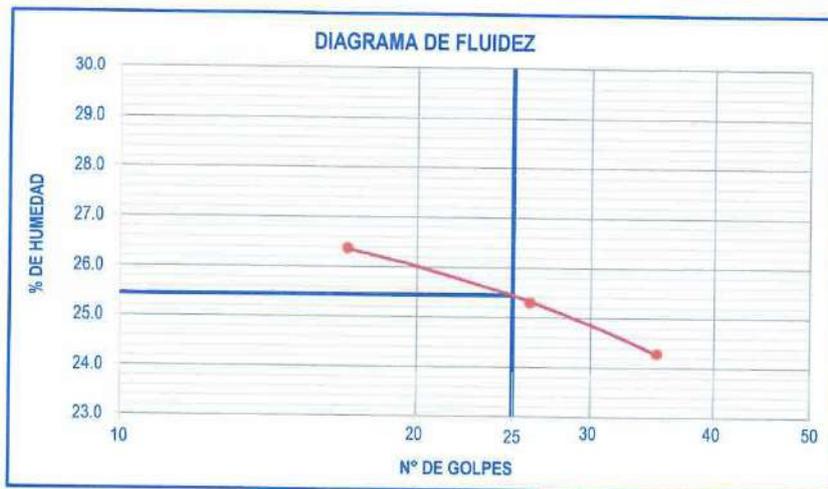


**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto	: CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCAVELICA - 2020		
Expediente N°	: EXP-55-GEO-TEST-V-2021		
Codigo de formato	: GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera	: COLCABAMBA
Peticionario	: CARBAJAL CONDORI, ABEL	N° de muestra	: MUESTRA N°1
Ubicación	: LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCAVELICA	Clase de material	: ARCILLA LIGERA CON ARENA - CON ADICIÓN 3% DE CLORURO DE MAGNESIO
Estructura	: VARIOS	Fecha de emisión	: FEBRERO - 2022
Fecha de recepción	: DICIEMBRE - 2021		

**MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110-111**

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	7	55	185	131	127
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	45.80	42.40	56.50	26.10	26.50
Masa cápsula + Suelo seco (g)	40.10	35.90	48.80	24.90	25.20
Masa cápsula (g)	14.70	10.20	17.10	17.50	17.40
Masa del agua (g)	6.70	6.50	7.70	1.20	1.30
Masa del suelo seco (g)	25.40	25.70	31.70	7.40	7.80
Contenido de humedad %	26.38 %	25.29 %	24.29 %	16.22 %	16.67 %
Nro. De golpes	17	26	35	I	II



<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	
LL. :	25.44

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	
LP. :	16.44

<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b>	
IP. :	8.99

**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT:ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

  
**Luis Gamarra Espinoza**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA  
**GEO TEST V. S.A.C.**

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N° 211 - CHILCA  
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.  
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)  
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229  
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com  
geotest.v@gmail.com.  
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



# *Índice plástico con adición del 4% de cloruro de magnesio hexahidratado*

  
Luis Gamarrta Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198181

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA GEO TEST  
V. SAC

DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 21 I - CHILCA E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM  
(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEOTEST.V@GMAIL.COM  
CELULAR : 992929151 - 972831911-991375093 RUC : 20606529229

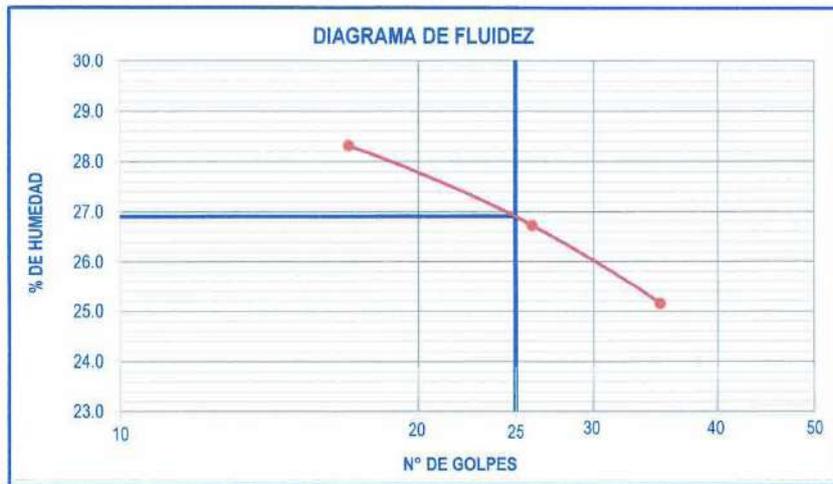


LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TITULO: CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCAVELICA -2020  
Expediente N° : EXP-55-GEO-TEST-V-2021  
Codigo de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11  
Peticionario : CARBAJAL CONDORI, ABEL  
Ubicación : LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCAVELICA  
Estructura : VARIOS  
Fecha de recepcion : DICIEMBRE - 2021  
Cantera : COLCABAMBA  
N° de muestra : MUESTRA N°1  
Clase de material : ARCILLA LIGERA CON ARENA - ADICIÓN 4% DE CLORURO DE MAGNESIO  
Fecha de emisión : FEBRERO - 2022

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS  
MTC E 110-111

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	124	169	31	153	117
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	53.10	53.87	52.80	25.50	25.07
Masa cápsula + Suelo seco (g)	45.20	46.20	44.50	24.20	24.00
Masa cápsula (g)	17.30	17.50	11.50	16.60	17.40
Masa del agua (g)	7.90	7.67	8.30	1.30	1.07
Masa del suelo seco (g)	27.90	28.70	33.00	7.60	6.60
Contenido de humedad %	28.32 %	26.72 %	25.15 %	17.11 %	16.21
Nro. De golpes	17	26	35	I	II



LÍMITE LÍQUIDO	
LL. :	26.91

LÍMITE PLÁSTICO	
LP. :	16.66

ÍNDICE PLÁSTICO	
IP. :	10.25

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N° 002-98-INDECOPI-CRT. ART. 6.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

*Luis Gamarra Espinoza*  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198151

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA  
**GEO TEST V. S.A.C.**

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA  
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.  
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)  
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229  
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com  
geotest.v@gmail.com.  
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



# *Índice plástico con adición del 5% de cloruro de magnesio hexahidratado*

  
Luis Gamarrá Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198161

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA GEO TEST  
V. SAC**

DIRECCIÓN	: JR. GRAU N° 211 CHILCA	E-MAIL	: LABGEOESTV02@GMAIL.COM
	(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)		GEOEST.V@GMAIL.COM
CELULAR	: 952525151 - 972831911-991375093	FACEBOOK	: GEO TEST V S.A.C
		RUC	: 20606529229

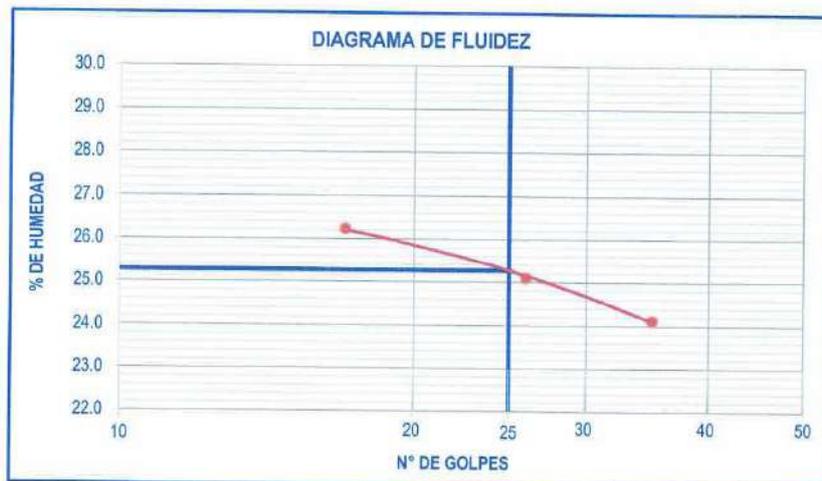


**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto	: TESIS: CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCAMELCA - 2020		
Expediente N°	: EXP-55-GEO-TEST-V-2021		
Codigo de formato	: GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera	: COLCABAMBA
Peticionario	: CARBAJAL CONDORI, ABEL	N° de muestra	: MUESTRA N°1
Ubicación	: LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCAMELCA	Clase de material	: ARCILLA LIGERA CON ARENA - CON ADICIÓN 5% DE CLORURO DE MAGNESIO
Estructura	: VARIOS	Fecha de emisión	: FEBRERO - 2022
Fecha de recepcion	: DICIEMBRE - 2021		

**MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS  
MTC E 110-111**

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	132	51	15	104	40
Nro. De cápsula	132	51	15	104	40
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	42.70	41.50	50.30	25.30	22.50
Masa cápsula + Suelo seco (g)	37.40	35.38	43.40	24.18	21.51
Masa cápsula (g)	17.20	11.00	14.80	17.70	15.70
Masa del agua (g)	5.30	6.12	6.90	1.12	0.99
Masa del suelo seco (g)	20.20	24.38	28.60	6.48	5.81
Contenido de humedad %	26.24 %	25.10 %	24.13 %	17.28 %	17.04 %
Nro. De golpes	17	26	35	I	II



<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	
LL. :	25.27

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	
LP. :	17.16

<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b>	
IP. :	8.11

**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART 6.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

  
**Luis Camarraz Espinoza**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA  
**GEO TEST V. S.A.C.**

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA  
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.  
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)  
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229  
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com  
geotest.v@gmail.com.  
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



# *Análisis del pH del suelo convencional*

  
Luis Gamarra Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198161

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA  
 (Ref.a una cuadra frente al parque Puzo Av. Ferrocarril  
 cruce con Av. Leoncio Prado)  
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com  
 geotest.v@gmail.com  
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C  
 RUC : 20606529229  
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

**ANALISIS DE PH DEL SUELO**

MTC E 129

**PROYECTO** : CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCVELICA -2020

**SOLICITA** : CARBAJAL CONDORI, ABEL

**TRAMO** : -

**UBICACIÓN** : LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCVELICA

**MATERIAL** : ARCILLA LIGERA CON ARENA

**FECHA DE EMISION:** : FEBRERO-2022

Muestra :	VALOR		
	Lectura 1	Lectura 2	Promedio
SUELO NATURAL	7.2		7.2

<b>Interpretación:</b>	El pH del SUELO NATURAL tiene como grado de acidez: Neutro
------------------------	--

 Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198181

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC**



**DIRECCIÓN** : Jr.GRAU N°211-CHILCA  
(Ref.a una cuadra frente al parque Puzo Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)  
**E-MAIL** : labgeotestv02@gmail.com  
geotest.v@gmail.com  
**CELULAR** : 952525151 - 972831911 - 991375093  
**FACEBOOK** : Geo Test V S.A.C  
**RUC** : 20606529229

**ANALISIS DE PH DEL SUELO**

MTC E 129

**PROYECTO** : TESIS: CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCVELICA -2020

**SOLICITA** : CARBAJAL CONDORI, ABEL

**TRAMO** :

**UBICACIÓN** : LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCVELICA

**MATERIAL** : ARCILLA LIGERA CON ARENA

**FECHA DE EMISION:** : FEBRERO - 2022

Muestra :	VALOR		
	Lectura 1	Lectura 2	Promedio
SUELO NATURAL CON ADICIÓN DE 3% DE CLORURO DE MAGNESIO	8.6		8.6

**Interpretación:**

El pH del SUELO NATURAL CON ADICIÓN DE 3% DE CLORURO DE MAGNESIO tiene como grado de acidez: Fuertemente Alcalino

  
 Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
**GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA  
 (Ref.a una cuadra frente al parque Puzo Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)  
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com  
 geotest.v@gmail.com  
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093  
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C  
 RUC : 206066529229

**ANALISIS DE PH DEL SUELO**

MTC E 129

PROYECTO : TESIS: CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCAVELICA -2020

SOLICITA : CARBAJAL CONDORI, ABEL

TRAMO : -

UBICACIÓN : LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCAVELICA

MATERIAL : ARCILLA LIGERA CON ARENA

FECHA DE EMISION: : FEBRERO-2022

Muestra :	VALOR		
	Lectura 1	Lectura 2	Promedio
SUELO NATURAL CON ADICIÓN DE 4% DE CLORURO DE MAGNESIO	8		8

**Interpretación:**

El pH del SUELO NATURAL CON ADICIÓN DE 4% DE CLORURO DE MAGNESIO tiene como grado de acidez: Moderadamente Alcalino

Luis Gamarral Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC**



**DIRECCIÓN** : Jr. GRAU N°211-CHILCA  
 (Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av. Ferrocarril  
 cruce con Av. Leoncio Prado)  
**E-MAIL** : labgeotestv02@gmail.com  
 geotest.v@gmail.com  
**CELULAR** : 952525151 - 972831911 - 991375093  
**FACEBOOK** : Geo Test V S.A.C  
**RUC** : 20606529229

**ANALISIS DE PH DEL SUELO**

MTC E 129

**PROYECTO** : CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCVELICA -2020

**SOLICITA** : CARBAJAL CONDORI, ABEL

**TRAMO** : -

**UBICACIÓN** : LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCVELICA

**MATERIAL** : ARCILLA LIGERA CON ARENA

**FECHA DE EMISION:** : FEBRERO-2022

Muestra :	VALOR		
	Lectura 1	Lectura 2	Promedio
SUELO NATURAL CON ADICIÓN DE 5% DE CLORURO DE MAGNESIO	8.9		8.9

<b>Interpretación:</b>	El pH del SUELO NATURAL CON ADICIÓN DE 5% DE CLORURO DE MAGNESIO tiene como grado de acidez: Fuertemente Alcalino
------------------------	---

  
  
**Luis Gamarra Espinoza**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 198151

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA  
**GEO TEST V. S.A.C.**

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA  
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.  
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)  
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229  
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com  
geotest.v@gmail.com.  
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



# *Proctor modificado convencional*

  
Luis Gamatra Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198161

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC



DIRECCIÓN : JR. BRAU N° 211 - CHILCA  
E-MAIL : LABGEOTESTV2@GMAIL.COM  
(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)  
GEO TEST V@GMAIL.COM  
DELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093  
FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C  
RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCVELICA -2020  
Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021  
Codigo de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11  
Peticionario : CARBAJAL CONDORI, ABEL  
Ubicación : LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCVELICA  
Estructura : VARIOS  
Fecha de recepción : DICIEMBRE - 2021  
Cantera : COLCABAMBA  
N° de muestra : MUESTRA N°1  
Clase de material : ARCILLA LIGERA CON ARENA  
Norma : MTC E 115  
Ensayado por : A.Y.G.  
Fecha de emisión : FEBRERO-2022

PROCTOR MODIFICADO  
MTC E 115

Hoja : 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5,610.0	5,832.0	5,810.0	5,730.0
Peso molde (gr.)	3,761.0	3,761.0	3,761.0	3,761.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,849.0	2,071.0	2,049.0	1,969.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	952.8	952.8	952.8	952.8
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.941	2.174	2.151	2.067

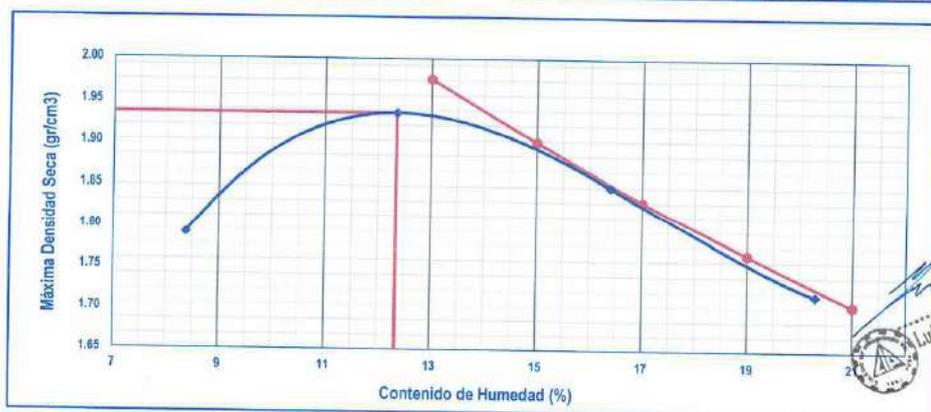
HUMEDAD (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr.)	203.6	355.9	292.5	447.9
Tara + suelo seco (gr.)	191.5	324.7	258.1	384.3
Peso de agua (gr.)	12.1	31.2	34.4	63.6
Peso de tara (gr.)	47.1	72.1	48.3	70.8
Peso de suelo seco (gr.)	144.4	252.6	209.8	313.5
Humedad (%)	8.38	12.35	16.40	20.29
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.791	1.935	1.848	1.718

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4"	4"	6"

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
PESO (g)	3,761.000
VOLUMEN (CM <sup>3</sup> )	952.8

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.935
Óptimo Contenido de Humedad (%):	12.35

RESULTADOS DE PROCTOR CORREGIDO	
Máxima Densidad Seca Corregido (gr/cm <sup>3</sup> ):	-
Óptimo Contenido de Humedad Corregido(%):	-



Luis Camarín Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198151

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N° 002-98-INDECOPI-CRT-ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : JR. BRAU N° 211 - CHILCA

E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM

(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV.  
FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)

GEOESTV.V@GMAIL.COM

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C

RUC : 20606529229



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCAMELICA - 2020

Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021

Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11

Peticionario : CARBAJAL CONDORI, ABEL

Ubicación : LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCAMELICA

Estructura : VARIOS

Fecha de recepción : DICIEMBRE - 2021

Cantera : COLCABAMBA

N° de muestra : MUESTRA N°1

Clase de material : ARCILLA LIGERA CON ARENA - CON ADICION 3% DE CLORURO DE MAGNESIO

Norma : MTC E 115

Ensayado por : A.Y.G.

Fecha de emisión : FEBRERO - 2022

PROCTOR MODIFICADO  
MTC E 115

Hoja : 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5,658.0	5,840.0	5,795.0	5,672.0
Peso molde (gr.)	3,760.0	3,760.0	3,760.0	3,760.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,849.0	2,071.0	2,049.0	1,969.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	952.7	952.7	952.7	952.7
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.941	2.174	2.151	2.067

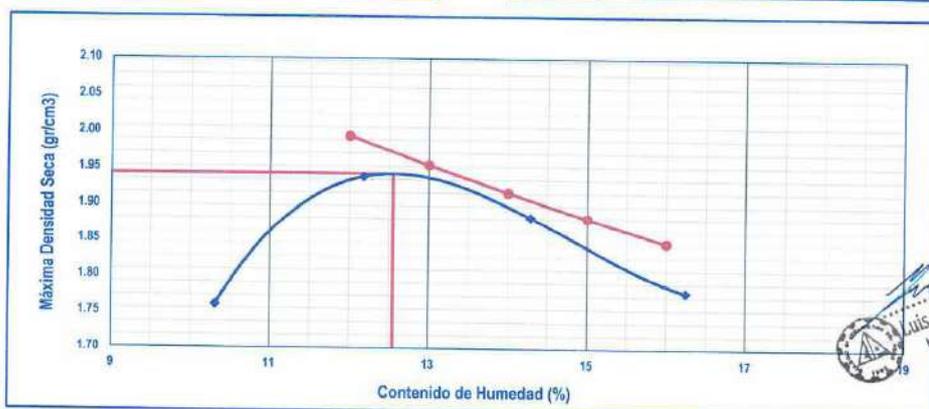
HUMEDAD (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	86.0	73.5	81.9	68.2
Tara + suelo seco (gr.)	79.4	67.4	73.8	61.1
Peso de agua (gr.)	6.6	6.1	8.1	7.1
Peso de tara (gr.)	15.5	17.3	17.1	17.4
Peso de suelo seco (gr.)	63.9	50.1	56.7	43.7
Humedad (%)	10.31	12.18	14.29	16.25
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.759	1.938	1.882	1.778

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4"	4"	6"

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
PESO (g)	3,760.000
VOLUMEN (CM <sup>3</sup> )	952.7

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.942
Óptimo Contenido de Humedad (%):	12.55

RESULTADOS DE PROCTOR CORREGIDO	
Máxima Densidad Seca Corregido (gr/cm <sup>3</sup> ):	-
Óptimo Contenido de Humedad Corregido(%):	-



*Juís Camarita Espinoza*  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198181

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N° 002-98-INDECOPI-CRT/ART.6.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - CHILCA

E-MAIL : LABGEOESTESTV02@GMAIL.COM

(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV.  
FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)

GEOESTESTV@GMAIL.COM

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : GEO TEST V. S.A.C

RUC : 20606529229



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCVELICA -2020

Expediente N° : EXP-58-GEO-TEST-V-2021

Codigo de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11

Peticionario : CARBAJAL CONDORI, ABEL

Ubicación : LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCVELICA

Estructura : VARIOS

Fecha de recepción : DICIEMBRE - 2021

Cantera : COLCABAMBA

N° de muestra : MUESTRA N°1

Clase de material : ARCILLA LIGERA CON ARENA - CON ADICIÓN 4% DE CLORURO DE MAGNESIO

Norma : MTC E 115

Ensayado por : A.Y.G.

Fecha de emisión : FEBRERO - 2022

PROCTOR MODIFICADO  
MTC E 115

Hoja : 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5,536.0	5,776.0	5,879.0	5,742.0
Peso molde (gr.)	3,760.0	3,760.0	3,760.0	3,760.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,849.0	2,071.0	2,049.0	1,969.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	952.7	952.7	952.7	952.7
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.941	2.174	2.151	2.067

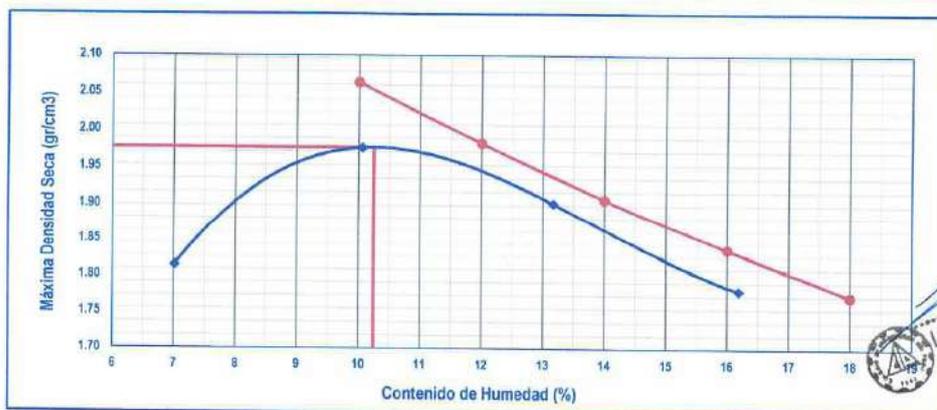
HUMEDAD (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	76.5	74.2	76.4	77.7
Tara + suelo seco (gr.)	72.5	69.0	69.5	69.3
Peso de agua (gr.)	4.0	5.2	6.9	8.4
Peso de tara (gr.)	15.5	17.3	17.1	17.4
Peso de suelo seco (gr.)	57.0	51.7	52.4	51.9
Humedad (%)	7.02	10.06	13.17	16.18
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.814	1.975	1.900	1.779

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
METODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4"	4"	6"

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
PESO (g)	3,760.000
VOLUMEN (CM3)	952.7

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ):	1.976
Óptimo Contenido de Humedad (%):	10.25

RESULTADOS DE PROCTOR CORREGIDO	
Máxima Densidad Seca Corregido (gr/cm <sup>3</sup> ):	-
Óptimo Contenido de Humedad Corregido(%):	-



Luis Camarero Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198161

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART.6.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
**GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211-CHILDA

E-MAIL : LABGEOTESTV3@GMAIL.COM

(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV.  
 FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)

GEOTEST.V@GMAIL.COM

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : GEO TEST V S.A.D

RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCVELICA -2020

Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021  
 Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11

Peticionario : CARBAJAL CONDORI, ABEL  
 Ubicación : LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCVELICA  
 Estructura : VARIOS  
 Fecha de recepción : DICIEMBRE - 2021

Cantera : COLCABAMBA  
 N° de muestra : MUESTRA N°1  
 Clase de material : ARCILLA LIGERA CON ARENA - CON ADICIÓN 5% DE CLORURO DE MAGNESIO  
 Norma : MTC E 115  
 Ensayado por : A.Y.G.  
 Fecha de emisión : FEBRERO - 2022

**PROCTOR MODIFICADO**  
 MTC E 115

Hoja : 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5,436.0	5,603.0	5,642.0	5,528.0
Peso molde (gr.)	3,615.0	3,615.0	3,615.0	3,615.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,821.0	1,988.0	2,027.0	1,913.0
Volumen del molde (cm³)	947.9	947.9	947.9	947.9
Densidad húmeda (gr/cm³)	1.921	2.097	2.138	2.018

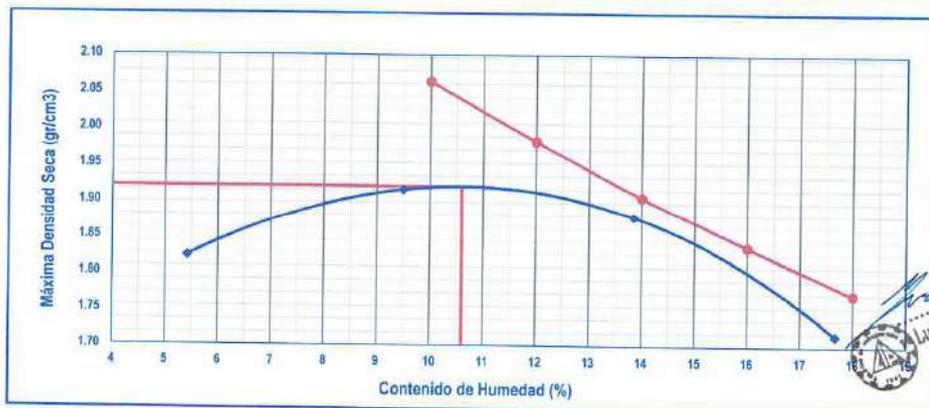
HUMEDAD (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	97.2	88.8	89.7	82.0
Tara + suelo seco (gr.)	93.0	82.6	63.3	72.3
Peso de agua (gr.)	4.2	6.2	6.4	9.7
Peso de tara (gr.)	15.5	17.3	17.1	17.4
Peso de suelo seco (gr.)	77.5	65.3	46.2	54.9
Humedad (%)	5.42	9.49	13.85	17.67
Densidad Seca (gr/cm³)	1.822	1.915	1.878	1.715

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4"	4"	6"

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
PESO (g)	3,615,000
VOLUMEN (CM3)	947.9

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm³):	1.920
Óptimo Contenido de Humedad (%):	10.60

RESULTADOS DE PROCTOR CORREGIDO	
Máxima Densidad Seca Corregido (gr/cm³):	-
Óptimo Contenido de Humedad Corregido(%):	-



Luis Camarero Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161

**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA  
**GEO TEST V. S.A.C.**

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA  
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.  
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229  
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com  
geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



*Ensayo de relación  
de soporte (CBR)  
convencional*

  
 Luis Gamarra Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198161

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC**

DIRECCIÓN : JR. ORAU N°211-CHILCA

(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV.  
FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

E-MAIL : LABGTESTV02@GMAIL.COM

GEO TEST V@GMAIL.COM

FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C

RUC : 20606529229



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

**Proyecto** : TESIS: CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCAMELICA -2020

**Expediente N°** : EXP-56-GEO-TEST-V-2021

**Código de formato** : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11

**Peticionario** : CARBAJAL CONDORI, ABEL

**Ubicación** : LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCAMELICA

**Estructura** : VARIOS

**Fecha de recepción** : DICIEMBRE - 2021

**Cantera** : COLCABAMBA

**N° de muestra** : MUESTRA N°1

**Clase de material** : ARCILLA LIGERA CON ARENA

**Norma** : MTC E 132

**Ensayado por** : A.Y.G.

**Fecha de emisión** : FEBRERO-2022

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)  
MTC E 132**

Hoja : 01 de 02

**COMPACTACION**

Molde N°	3		5		7			
	5		5		5			
Capas N°	56		25		12			
Golpes por capa N°	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12570.0	12850.0	12030.0	12433.0	11757.0	12313.0		
Peso de molde (g)	7961.0	7961.0	7712.0	7712.0	7650.0	7650.0		
Peso del suelo húmedo (g)	4609.0	4889.0	4318.0	4721.0	4107.0	4663.0		
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2125.0	2125.0	2134.4	2134.4	2117.7	2117.7		
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.169	2.301	2.023	2.212	1.939	2.202		
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--		
Peso suelo húmedo + tara (g)	110.8	88.4	92.3	92.0	88.2	76.1		
Peso suelo seco + tara (g)	100.5	79.2	83.8	82.4	79.6	68.7		
Peso de tara (g)	16.8	16.7	14.5	17.3	10.1	17.1		
Peso de agua (g)	10.3	9.2	8.5	9.6	8.6	7.4		
Peso de suelo seco (g)	83.7	62.5	69.3	65.1	69.5	51.6		
Contenido de humedad (%)	12.31	14.72	12.27	14.75	12.37	14.34		
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.931	2.005	1.802	1.928	1.726	1.926		

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEL DIAL MOLDE N°1	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°2	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°3	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
19/01/2022	2.48pm	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
20/01/2022	2.48pm	24	4.980	4.980	4.15	4.990	4.990	4.16	3.390	3.390	2.83
21/01/2022	2.48pm	48	5.010	5.010	4.18	5.320	5.320	4.43	4.120	4.120	3.43
22/01/2022	2.48pm	72	5.060	5.060	4.22	5.430	5.430	4.53	4.200	4.200	3.50

**PENETRACION**

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1								MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA				CORRECCION				CARGA				CORRECCION			
		Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.003	1.76			0.002	1.64			0.001	1.52			0.002	1.64		
0.050		0.010	2.62			0.007	2.25			0.004	1.88			0.008	2.37	2.5	3.5
0.075		0.018	3.60			0.012	2.87			0.014	3.11			0.019	3.72	3.8	3.6
0.100	70.31	0.025	4.46	4.4	6.2	0.017	3.48	3.3	4.8	0.025	4.46			0.028	4.82		
0.150		0.035	5.68			0.022	4.09			0.038	6.05			0.052	7.76		
0.200	105.46	0.044	6.78	7.0	6.6	0.029	4.95	5.2	4.9	0.052	7.76						
0.250		0.053	7.88			0.037	5.93										
0.300		0.061	8.86			0.043	6.66										
0.400		0.075	10.57			0.056	8.25										
0.500		0.091	12.53			0.073	10.33										

  
**Luis Gamarra Espinoza**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
**GEO TEST V. SAC**

DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - CHILCA

(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV.  
 FERROCARRIL CRUCE DON AV. LEONDO PRADO)

CELULAR : 952525151 972831911 991375093

E-MAIL : LABSEOTESTVD2@GMAIL.COM

GEOTEST.V@GMAIL.COM

FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C

RUC : 20606529229



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

**Proyecto** : TESIS: CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCAMELICA -2020

**Expediente N°** : EXP-56-GEO-TEST-V-2021  
**Código de formato** : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11

**Peticionario** : CARBAJAL CONDORI, ABEL  
**Ubicación** : LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCAMELICA

**Estructura** : VARIOS  
**Fecha de recepción** : DICIEMBRE - 2021

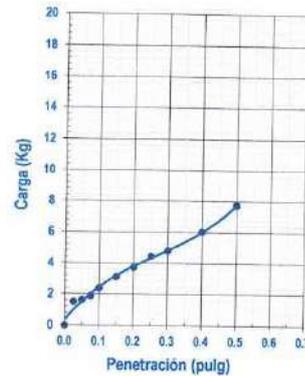
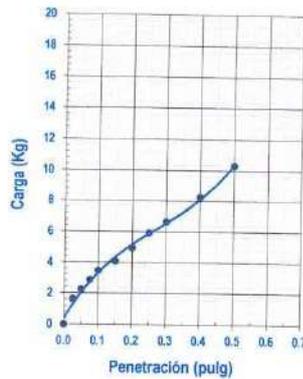
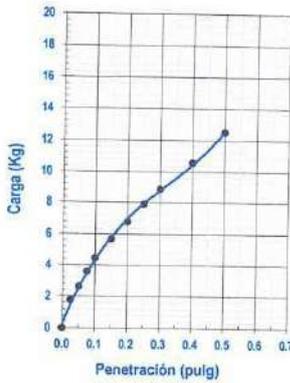
**Cantera** : COLCABAMBA  
**N° de muestra** : MUESTRA N°1

**Clase de material** : ARCILLA LIGERA CON ARENA  
**Norma** : MTC E 132

**Ensayado por** : A.Y.G.  
**Fecha de emisión** : FEBRERO-2022

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)**  
 MTC E 132

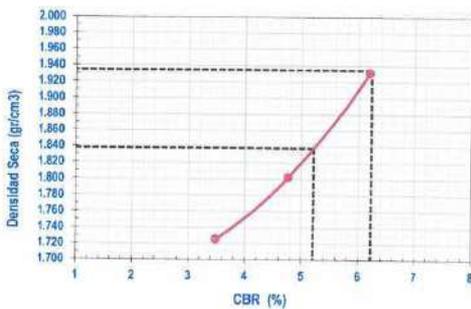
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	6.2 %
CBR (0.2")	6.6 %
Densidad seca (g/cm3)	1.931

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	4.8 %
CBR (0.2")	4.9 %
Densidad seca (g/cm3)	1.802

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	3.5 %
CBR (0.2")	3.6 %
Densidad seca (g/cm3)	1.726



Metodo de compactación : ASTM D1557  
 Maxima densidad seca (g/cm3) : 1.935  
 Optimo contenido de humedad (%) : 12.3  
 95% maxima densidad seca (g/cm3) : 1.838

**RESULTADOS:**

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 6.2 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 5.2 (%)

**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART.6 - Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

*Luis Gamarrta Espinoza*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA  
**GEO TEST V. S.A.C.**

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA  
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.  
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)  
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229  
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com  
geotest.v@gmail.com.  
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



*Ensayo de relación  
de soporte (CBR) con  
adición del 3% de  
cloruro de magnesio  
hexahidratado*

  
Luis Gamarrá Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198151

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
**GEO TEST V. SAC**

DIRECCIÓN : JR. BRAU N°211-CHILCA

(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV.  
 FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)

TELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

E-MAIL : LABGEOTESTV2@GMAIL.COM

GEOTESTV@GMAIL.COM

FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C

RUC : 20605529229



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

**Proyecto** : TESIS: CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCVELICA -2020

**Expediente N°** : EXP-56-GEO-TEST-V-2021  
**Código de formato** : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11

**Cantera** : COLCABAMBA  
**N° de muestra** : MUESTRA N°1

**Peticionario** : CARBAJAL CONDORI, ABEL  
**Ubicación** : LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCVELICA  
**Estructura** : VARIOS

**Clase de material** : ARCILLA LIGERA CON ARENA - CON ADICIÓN 3% DE CLORURO DE MAGNESIO

**Norma** : MTC E 132

**Fecha de recepción** : DICIEMBRE - 2021

**Ensayado por** : A.Y.G.  
**Fecha de emisión** : FEBRERO - 2022

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)**  
 MTC E 132

Hoja : 01 de 02

**COMPACTACION**

Molde N°	3		5		7	
	56		25		12	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12372.0	12408.0	12012.0	12107.0	12304.0	12417.0
Peso de molde (g)	7712.0	7712.0	7591.0	7591.0	8097.0	8097.0
Peso del suelo húmedo (g)	4660.0	4696.0	4421.0	4516.0	4207.0	4320.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2134.4	2134.4	2125.0	2125.0	2124.2	2124.2
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.183	2.200	2.080	2.125	1.981	2.034
Tara (N°)	**	**	**	**	**	**
Peso suelo húmedo + tara (g)	73.0	88.4	77.9	92.0	83.9	86.1
Peso suelo seco + tara (g)	66.2	80.1	71.4	83.4	76.5	78.2
Peso de tara (g)	11.1	16.7	18.9	17.3	16.8	17.1
Peso de agua (g)	6.8	8.3	6.5	8.6	7.4	7.9
Peso de suelo seco (g)	56.1	63.4	52.5	66.1	59.7	61.1
Contenido de humedad (%)	12.34	13.09	12.38	13.01	12.40	12.93
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.943	1.945	1.851	1.881	1.762	1.801

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEL DIAL MOLDE N°1	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°2	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°3	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
20/01/2022	8.59pm	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
21/01/2022	8.59pm	24	0.790	0.790	0.66	0.250	0.250	0.21	0.550	0.550	0.46
22/01/2022	8.59pm	48	0.770	0.770	0.64	0.330	0.330	0.28	0.770	0.770	0.64
23/01/2022	8.59pm	72	0.990	0.990	0.83	0.600	0.600	0.50	1.480	1.480	1.23
24/01/2022	8.59pm	96	1.550	1.550	1.29	1.000	1.000	0.83	1.630	1.630	1.36

**PENETRACION**

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Pulgadas	kg/cm <sup>2</sup>	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.032	5.31			0.015	3.23			0.010	2.62		
0.050		0.063	9.11			0.035	5.68			0.021	3.97		
0.075		0.085	11.79			0.064	9.23			0.032	5.31		
0.100	70.31	0.110	14.85	14.3	20.3	0.086	11.92	11.6	16.5	0.052	7.76	7.6	10.8
0.150		0.136	18.01			0.115	15.45			0.070	9.96		
0.200	105.46	0.170	22.15	22.3	21.1	0.140	18.50	18.3	17.4	0.094	12.89	12.3	11.7
0.250		0.189	24.46			0.154	20.21			0.101	13.75		
0.300		0.212	27.26			0.168	21.91			0.115	15.45		
0.400		0.255	32.47			0.179	23.25			0.122	16.31		
0.500		0.299	37.79			0.199	25.68			0.140	18.50		

Luis Gamarrá Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC**

DIRECCIÓN : JR. BRAU N° 211 - CHILDA

(REF: A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV.  
FERROVIARIO CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

E-MAIL : LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

GEOTEST.V@GMAIL.COM

FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C

RUC : 20506529229



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

**Proyecto** : TESIS: CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCVELICA -2020

**Expediente N°** : EXP-56-GEO-TEST-V-2021

**Codigo de formato** : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11

**Cantera** : COLCABAMBA

**N° de muestra** : MUESTRA N°1

**Peticionario** : CARBAJAL CONDORI, ABEL

**Clase de material** : ARCILLA LIGERA CON ARENA - CON ADICIÓN 3% DE CLORURO DE MAGNESIO

**Ubicación** : LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCVELICA

**Norma** : MTC E 132

**Estructura** : VARIOS

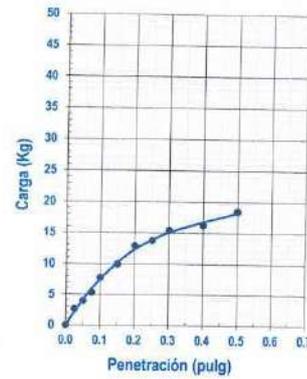
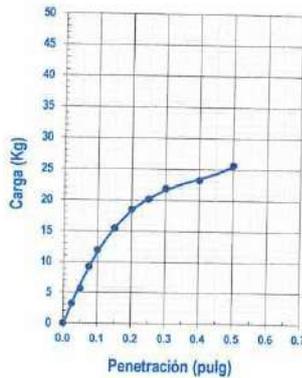
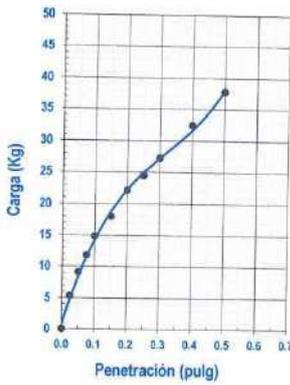
**Ensayado por** : A.Y.G.

**Fecha de recepción** : DICIEMBRE - 2021

**Fecha de emisión** : FEBRERO - 2022

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)  
MTC E 132**

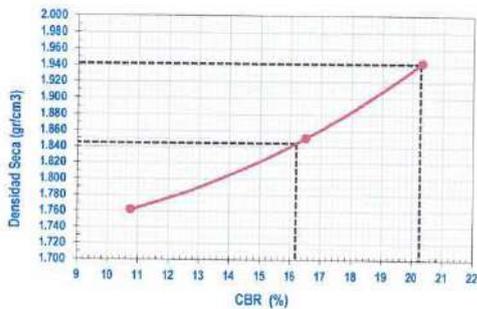
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	20.3 %
CBR (0.2")	21.1 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.943

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	16.5 %
CBR (0.2")	17.4 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.851

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	10.8 %
CBR (0.2")	11.7 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.762



Metodo de compactación : ASTM D1557

Maxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.942

Optimo contenido de humedad (%) : 12.6

95% maxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.845

**RESULTADOS:**

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 20.3 (%)

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 16.2 (%)

**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT/ART.6.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**Luis Gamarra Espinoza**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA  
**GEO TEST V. S.A.C.**

DIRECCIÓN : Pj. GRAU N°211 - CHILCA  
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.  
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)  
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229  
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com  
geotest.v@gmail.com.  
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



# *Ensayo de relación de soporte (CBR) con adición del 4% de cloruro de magnesio hexahidratado*

  
Luis Gamarra Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198161

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de  
Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
**GEO TEST V. SAC**

DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - CHILCA

(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV.  
 FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)

CELULAR : 952525151 - 972631911 - 991375093

E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM

GEOESTV@GMAIL.COM

FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C

RUC : 20606529229



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

**Proyecto** : TESIS: CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCVELICA - 2020

**Expediente N°** : EXP-56-GEO-TEST-V-2021  
**Codigo de formato** : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11

**Cantera** : COLCABAMBA  
**N° de muestra** : MUESTRA N°1

**Peticionario** : CARBAJAL CONDORI, ABEL  
**Ubicación** : LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCVELICA

**Clase de material** : ARCILLA LIGERA CON ARENA - CON ADICIÓN 4% DE CLORURO DE MAGNESIO

**Estructura** : VARIOS  
**Fecha de recepción** : DICIEMBRE - 2021

**Norma** : MTC E 132

**Ensayado por** : A.Y.G.  
**Fecha de emisión** : FEBRERO - 2022

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)**

MTC E 132

Hoja : 01 de 02

**COMPACTACION**

Molde N°	3		5		7	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO	
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12329.0	12648.0	12212.0	12330.0	12280.0	12283.0
Peso de molde (g)	7623.0	7623.0	7550.0	7550.0	7961.0	7961.0
Peso del suelo húmedo (g)	4706.0	5025.0	4662.0	4780.0	4319.0	4322.0
Volumen del molde (cm3)	2125.1	2125.1	2121.4	2121.4	2125.0	2125.0
Densidad húmeda (g/cm3)	2.214	2.365	2.198	2.253	2.032	2.034
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	96.0	99.9	97.6	100.6	101.6	108.2
Peso suelo seco + tara (g)	87.4	90.5	88.8	90.8	91.9	97.2
Peso de tara (g)	17.5	19.7	17.6	17.3	16.8	17.1
Peso de agua (g)	8.6	9.4	8.8	9.8	9.7	11.0
Peso de suelo seco (g)	69.9	70.8	71.2	73.5	75.1	80.1
Contenido de humedad (%)	12.30	13.28	12.36	13.33	12.92	13.73
Densidad seca (g/cm3)	1.972	2.087	1.956	1.988	1.800	1.788

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEL DIAL MOLDE N°1	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°2	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°3	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
20/01/2022	9.00 pm	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
21/01/2022	9.00 pm	24	0.980	0.980	0.82	1.290	1.290	1.08	2.210	2.210	1.84
22/01/2022	9.00 pm	48	0.830	0.830	0.69	1.200	1.200	1.00	2.150	2.150	1.79
23/01/2022	9.00 pm	72	0.900	0.900	0.75	1.420	1.420	1.18	2.240	2.240	1.87
24/01/2022	9.00 pm	96	1.140	1.140	0.95	1.710	1.710	1.43	2.400	2.400	2.00

**PENETRACION**

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Pulgadas	kg/cm2	Dial	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.032	5.31			0.023	4.21			0.013	2.99		
0.050		0.073	10.33			0.061	8.86			0.023	4.21		
0.075		0.121	16.19			0.112	15.09			0.058	8.50		
0.100	70.31	0.166	21.67	21.2	30.2	0.151	19.84	20.4	29.1	0.073	10.33	10.6	15.1
0.150		0.256	30.17			0.228	29.20			0.102	13.87		
0.200	105.46	0.312	39.36	38.8	36.8	0.284	35.98	35.2	33.4	0.143	18.87	18.1	17.2
0.250		0.371	46.48			0.340	42.74			0.167	21.79		
0.300		0.426	53.10			0.355	44.55			0.179	23.25		
0.400		0.530	65.56			0.429	53.46			0.189	24.46		
0.500		0.623	76.65			0.530	65.56			0.225	28.83		

Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 196161

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC**

DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 CHILCA  
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)  
 E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM  
 GEOTEST.V@GMAIL.COM  
 FACEBOOK : GEO TEST V.S.A.C  
 RUC : 20606529229



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

**Proyecto** : TESIS: CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCAMELICA -2020

**Expediente N°** : EXP-56-GEO-TEST-V-2021  
**Código de formato** : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11

**Cantera** : COLCABAMBA  
**N° de muestra** : MUESTRA N°1

**Peticionario** : CARBAJAL CONDORI, ABEL  
**Clase de material** : ARCILLA LIGERA CON ARENA - CON ADICIÓN 4% DE CLORURO DE MAGNESIO

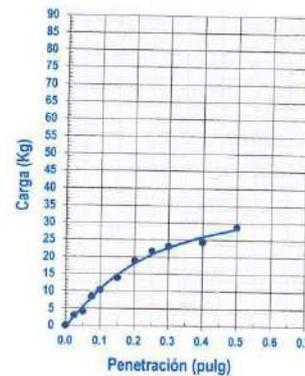
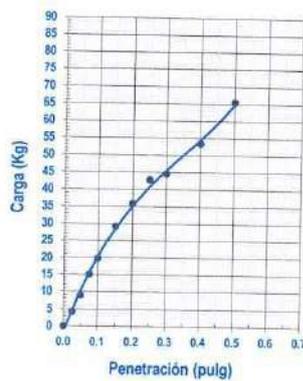
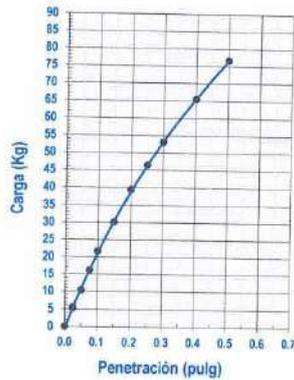
**Ubicación** : LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCAMELICA  
**Norma** : MTC E 132

**Estructura** : VARIOS  
**Ensayado por** : A.Y.G.

**Fecha de recepción** : DICIEMBRE - 2021  
**Fecha de emisión** : FEBRERO - 2022

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)  
MTC E 132**

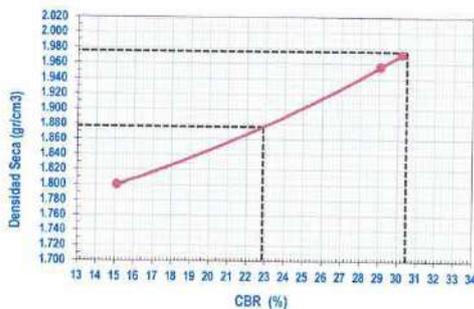
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	30.2 %
CBR (0.2")	36.8 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.972

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	29.1 %
CBR (0.2")	33.4 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.956

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	15.1 %
CBR (0.2")	17.2 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.800



Metodo de compactación : ASTM D1557  
 Maxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.975  
 Optimo contenido de humedad (%) : 10.3  
 95% maxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.877

**RESULTADOS:**

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 30.5 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 22.9 (%)

**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART 6.4-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**Luis Gamarrta Espinoza**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198151

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA  
**GEO TEST V. S.A.C.**

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA  
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.  
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)  
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229  
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com  
geotest.v@gmail.com.  
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



*Ensayo de relación  
de soporte (CBR) con  
adición del 5% de  
cloruro de magnesio  
hexahidratado*

  
  
Luis Gamarra Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198163

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : JR. BRAU N°311 - CHILCA

(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)

TELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM

GEOTEST.V@GMAIL.COM

FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C

RUC : 20606529229



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCAMELICA - 2020

Expediente N° : EXP-55-GEO-TEST-V-2021

Codigo de formato : EX-01/REV.01/FECHA 2021-02-11

Cantera : COLCABAMBA

N° de muestra : MUESTRA N°1

Clase de material : ARCILLA LIGERA CON ARENA - CON ADICIÓN 5% DE CLORURO DE MAGNESIO

Peticionario : CARBAJAL CONDORI, ABEL

Ubicación : LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCAMELICA

Estructura : VARIOS

Fecha de recepción : DICIEMBRE-2021

Norma : NTP-ASTM-MTC

Ensayado por : A.Y.G.

Fecha de emisión : FEBRERO-2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)  
MTC E 132

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION

	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12143.0	12100.0	11776.0	12030.0	11783.0	12100.0
Peso de molde (g)	7650.0	7650.0	7574.0	7574.0	7728.0	7728.0
Peso del suelo húmedo (g)	4493.0	4450.0	4202.0	4456.0	4055.0	4372.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2117.7	2117.7	2125.0	2125.0	2126.8	2126.8
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.122	2.101	1.977	2.097	1.907	2.056
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	95.0	101.0	79.8	92.6	79.1	82.5
Peso suelo seco + tara (g)	87.4	92.0	73.8	84.4	72.5	75.5
Peso de tara (g)	15.8	17.3	17.2	16.4	10.6	17.8
Peso de agua (g)	7.6	9.0	6.0	8.2	6.6	7.0
Peso de suelo seco (g)	71.6	74.7	56.6	68.0	61.9	57.7
Contenido de humedad (%)	10.61	12.05	10.60	12.06	10.66	12.13
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.918	1.875	1.788	1.871	1.723	1.833

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEL DIAL MOLDE N°1	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°2	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°3	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/01/2022	3.50pm	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
22/01/2022	3.50pm	24	3.690	3.690	3.08	2.080	2.080	1.73	2.640	2.640	2.37
23/01/2022	3.50pm	48	4.060	4.060	3.38	2.370	2.370	1.98	3.940	3.940	3.28
24/01/2022	3.50pm	72	4.240	4.240	3.53	2.950	2.950	2.46	4.000	4.000	3.33
25/01/2022	3.50pm	96	4.540	4.54	3.78	2.960	2.960	2.467	4.190	4.19	3.49

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Pulgadas	kg/cm <sup>2</sup>	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.028	4.82			0.010	2.62			0.003	1.76		
0.050		0.060	8.74			0.020	3.85			0.014	3.11		
0.075		0.080	11.18			0.034	5.56			0.022	4.09		
0.100	70.31	0.100	13.63	13.1	18.6	0.053	7.88	8.3	11.8	0.046	7.03	6.8	9.7
0.150		0.124	16.55			0.085	11.79			0.065	9.35		
0.200	105.46	0.160	20.94	21.6	20.4	0.108	14.60	13.5	12.8	0.085	11.79	10.8	10.2
0.250		0.180	23.37			0.109	14.72			0.087	12.04		
0.300		0.226	28.95			0.124	16.55			0.089	12.28		
0.400		0.240	30.65			0.130	17.28			0.094	12.89		
0.500		0.250	31.85			0.148	19.48			0.109	14.72		

Luis Gamarrta Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198161

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
**GEO TEST V. SAC**

DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211 - CHILCA  
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONDO PRADO)  
 E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM  
 GEOEST.V@GMAIL.COM  
 FACEBOOK : GEO TEST V. S.A.C  
 RUC : 20606529229  
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

**Proyecto** : CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO DE LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCVELICA -2020

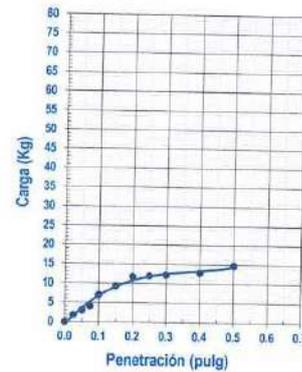
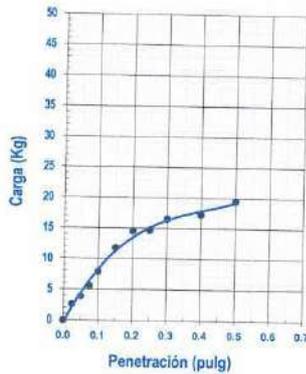
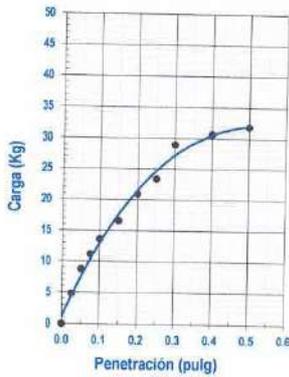
**Expediente N°** : EXP-55-GEO-TEST-V-2021  
**Codigo de formato** : EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11

**Peticionario** : CARBAJAL CONDORI, ABEL  
**Ubicación** : LEÓN PAMPA - TAYACAJA - HUANCVELICA  
**Estructura** : VARIOS  
**Fecha de recepción** : DICIEMBRE-2021

**Cantera** : COLCABAMBA  
**N° de muestra** : MUESTRA N°1  
**Clase de material** : ARCILLA LIGERA CON ARENA - CON ADICIÓN 5% DE CLORURO DE MAGNESIO  
**Norma** : NTP-ASTM-MTC  
**Ensayado por** : A.Y.G.  
**Fecha de emisión** : FEBRERO-2022

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)**  
 MTC E 132

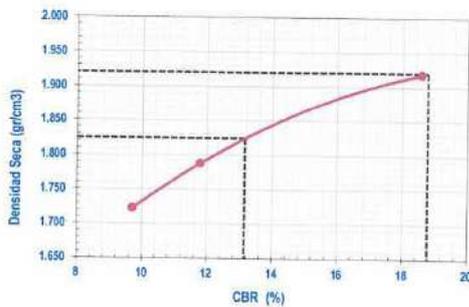
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	18.6 %
CBR (0.2")	20.4 %
Densidad seca (g/cm3)	1.918

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	11.8 %
CBR (0.2")	12.8 %
Densidad seca (g/cm3)	1.788

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	9.7 %
CBR (0.2")	10.2 %
Densidad seca (g/cm3)	1.723



Metodo de compactación : ASTM D1557  
 Maxima densidad seca (g/cm3) : 1.920  
 Optimo contenido de humedad (%) : 10.6  
 95% maxima densidad seca (g/cm3) : 1.824

**RESULTADOS:**

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 18.8 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 13.2 (%)

**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

*Luis Camarero Espinoza*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161

## **INFORMES DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS**



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### LF-001-2022

Página 1 de 6

FECHA DE EMISIÓN : 2022-02-22  
EXPEDIENTE : 023-2022

**1. SOLICITANTE** : GEO TEST V S.A.C.

**DIRECCIÓN** : Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : CBR - ANILLO DE CARGA

MARCA : UTEST

MODELO : UTS - 0852

NÚMERO DE SERIE : 18/000906

ALCANCE DE INDICACIÓN : 50 kN

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0,001 mm (1 div, Digital)

CLASE DE EXACTITUD : NO INDICA

PROCEDENCIA : TURQUIA

IDENTIFICACIÓN : NO INDICA

UBICACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

FECHA DE CALIBRACION : 2022-02-21

Q&M EXACTITUD PERU S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de EXACTITUD PERU S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

#### 3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

#### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN



Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664





# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LF-001-2022**

Página 2 de 8

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	18,2 °C	18,2 °C
Humedad Relativa	62 % HR	62 % HR

### 6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Patrón utilizado	Certificado de calibración
Celda de carga calibrado a 50 tnf con incertidumbre del orden de 0,5 %	INF-LE 003-22B

### 7. OBSERVACIONES

(\*) Indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".
- El equipo trabaja con un anillo de carga Marca: Utest, Serie: 18/0019.

### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación del Equipo			Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia				Exactitud q (%)	Incertidumbre U (k=2) (%)
%	Divisiones	F <sub>i</sub> (kN)	F <sub>1</sub> (kN)	F <sub>2</sub> (kN)	F <sub>3</sub> (kN)			
10	0,200	4,34	4,32	4,31	4,32	0,61	0,08	
20	0,400	8,55	8,57	8,54	8,58	-0,15	0,08	
30	0,600	12,73	12,76	12,71	12,74	-0,03	0,08	
40	0,800	16,89	16,90	16,88	16,88	0,05	0,08	
50	1,000	21,02	21,01	20,98	21,00	0,11	0,08	
60	1,200	25,13	25,08	25,13	25,10	0,09	0,08	
70	1,400	29,20	29,19	29,21	29,18	0,04	0,08	
80	1,600	33,26	33,18	33,26	33,22	0,12	0,08	
90	1,800	37,29	37,22	37,32	37,28	0,06	0,08	
100	2,000	41,29	41,20	41,32	41,28	0,06	0,08	
Retorno a Cero			0,0	0,0	0,0			

Con los resultados obtenidos se realizó la siguiente ecuación de ajuste:

Y = Fuerza (kgf)

X = Valores del Dial

$$Y = -0,32 x^2 + 21,23 x + 0,11$$

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LF-001-2022**

Página 3 de 8

TABLA DE CALIBRACIÓN										
Carga en kN										
UNIDADES	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,020	0,53	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	0,73
0,040	0,95	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06	1,09	1,11	1,13	1,15
0,060	1,38	1,40	1,43	1,45	1,47	1,49	1,51	1,53	1,55	1,57
0,080	1,81	1,83	1,85	1,87	1,89	1,91	1,93	1,95	1,98	2,00
0,100	2,23	2,25	2,27	2,29	2,31	2,34	2,36	2,38	2,40	2,42
0,120	2,65	2,67	2,70	2,72	2,74	2,76	2,78	2,80	2,82	2,84
0,140	3,08	3,10	3,12	3,14	3,16	3,18	3,20	3,22	3,25	3,27
0,160	3,50	3,52	3,54	3,56	3,58	3,60	3,63	3,65	3,67	3,69
0,180	3,92	3,94	3,96	3,98	4,01	4,03	4,05	4,07	4,09	4,11
0,200	4,34	4,36	4,39	4,41	4,43	4,45	4,47	4,49	4,51	4,53
0,220	4,77	4,79	4,81	4,83	4,85	4,87	4,89	4,91	4,93	4,95
0,240	5,19	5,21	5,23	5,25	5,27	5,29	5,31	5,33	5,36	5,38
0,260	5,61	5,63	5,65	5,67	5,69	5,71	5,73	5,76	5,78	5,80
0,280	6,03	6,05	6,07	6,09	6,11	6,13	6,16	6,18	6,20	6,22
0,300	6,45	6,47	6,49	6,51	6,53	6,56	6,58	6,60	6,62	6,64
0,320	6,87	6,89	6,91	6,93	6,95	6,98	7,00	7,02	7,04	7,06
0,340	7,29	7,31	7,33	7,35	7,38	7,40	7,42	7,44	7,46	7,48
0,360	7,71	7,73	7,75	7,77	7,80	7,82	7,84	7,86	7,88	7,90
0,380	8,13	8,15	8,17	8,19	8,22	8,24	8,26	8,28	8,30	8,32
0,400	8,55	8,57	8,59	8,61	8,63	8,66	8,68	8,70	8,72	8,74
0,420	8,97	8,99	9,01	9,03	9,05	9,07	9,10	9,12	9,14	9,16
0,440	9,39	9,41	9,43	9,45	9,47	9,49	9,51	9,54	9,56	9,58
0,460	9,81	9,83	9,85	9,87	9,89	9,91	9,93	9,95	9,98	10,00
0,480	10,23	10,25	10,27	10,29	10,31	10,33	10,36	10,37	10,39	10,41
0,500	10,65	10,67	10,69	10,71	10,73	10,75	10,77	10,79	10,81	10,83
0,520	11,06	11,08	11,10	11,13	11,15	11,17	11,19	11,21	11,23	11,25
0,540	11,48	11,50	11,52	11,54	11,56	11,59	11,61	11,63	11,65	11,67
0,560	11,90	11,92	11,94	11,96	11,98	12,00	12,02	12,04	12,07	12,09
0,580	12,32	12,34	12,36	12,38	12,40	12,42	12,44	12,46	12,48	12,50
0,600	12,73	12,75	12,77	12,80	12,82	12,84	12,86	12,88	12,90	12,92
0,620	13,15	13,17	13,19	13,21	13,23	13,25	13,27	13,30	13,32	13,34
0,640	13,57	13,59	13,61	13,63	13,65	13,67	13,69	13,71	13,73	13,75
0,660	13,98	14,00	14,02	14,04	14,07	14,09	14,11	14,13	14,15	14,17
0,680	14,40	14,42	14,44	14,46	14,48	14,50	14,52	14,54	14,56	14,59
0,700	14,81	14,83	14,86	14,88	14,90	14,92	14,94	14,96	14,98	15,00
0,720	15,23	15,25	15,27	15,29	15,31	15,33	15,35	15,38	15,40	15,42
0,740	15,64	15,67	15,69	15,71	15,73	15,75	15,77	15,79	15,81	15,83
0,760	16,06	16,08	16,10	16,12	16,14	16,16	16,18	16,21	16,23	16,25
0,780	16,47	16,50	16,52	16,54	16,56	16,58	16,60	16,62	16,64	16,66
0,800	16,89	16,91	16,93	16,95	16,97	16,99	17,01	17,03	17,05	17,08
0,820	17,30	17,32	17,34	17,37	17,39	17,41	17,43	17,45	17,47	17,49
0,840	17,72	17,74	17,76	17,78	17,80	17,82	17,84	17,86	17,88	17,90
0,860	18,13	18,15	18,17	18,19	18,21	18,23	18,26	18,28	18,30	18,32
0,880	18,54	18,57	18,59	18,61	18,63	18,65	18,67	18,69	18,71	18,73
0,900	18,96	18,98	19,00	19,02	19,04	19,06	19,08	19,10	19,12	19,14
0,920	19,37	19,39	19,41	19,43	19,45	19,47	19,49	19,52	19,54	19,56
0,940	19,78	19,80	19,82	19,85	19,87	19,89	19,91	19,93	19,95	19,97
0,960	20,20	20,22	20,24	20,26	20,28	20,30	20,32	20,34	20,36	20,38
0,980	20,61	20,63	20,65	20,67	20,69	20,71	20,73	20,75	20,77	20,79
1,000	21,02	21,04	21,06	21,08	21,10	21,12	21,14	21,16	21,18	21,21



**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**LL-024-2022**

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN : 2022-02-22  
EXPEDIENTE : 023-2022

**1. SOLICITANTE** : GEO TEST V S.A.C.

**DIRECCIÓN** : Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : COMPARADOR DE CUADRANTE

MARCA : NO INDICA  
MODELO : NO INDICA  
NÚMERO DE SERIE : NO INDICA  
ALCANCE DE INDICACIÓN : 0 mm a 25 mm  
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0,01 mm  
PROCEDENCIA : NO INDICA  
IDENTIFICACIÓN : LL-01 (\*)  
TIPO : DIGITAL  
UBICACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-02-21

Q&M EXACTITUD PERU S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de Q&M EXACTITUD PERU S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

**3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del SNM-INDECOPI. Segunda Edición.

**4. LUGAR DE CALIBRACIÓN**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

  
Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664  
2011



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-024-2022

Página 2 de 2

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	19,0 °C	19,1 °C
Humedad Relativa	54 %HR	54 %HR

### 6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Patrón utilizado	Certificado de calibración
Bloques Patrón (Grado 0)	LLA-262-2021

### 7. OBSERVACIONES

- (\*) Indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".
- El Comparador de cuadrante trabaja en el equipo CBR, Marca: UTEST, Modelo: UTS-0852 y Serie: 18/000906

### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN ( $f_e$ )		
VALOR PATRÓN ( mm )	INDICACIÓN DEL COMPARADOR ( mm )	ERROR DE INDICACIÓN ( $\mu$ m )
2,50	2,51	10
5,00	5,01	10
7,50	7,50	0
10,00	10,01	10
12,50	12,51	10
15,00	15,00	0
17,50	17,51	10
20,00	20,01	10
22,50	22,51	10
25,00	25,00	0

Alcance del error de indicación ( $f_e$ ) : 10  $\mu$ m

Incertidumbre del error de indicación :  $\pm 3$   $\mu$ m para (k=2)

ALCANCE DEL ERROR DE REPETIBILIDAD ( $f_w$ )		
VALOR PATRÓN ( mm )	INDICACIÓN DEL COMPARADOR ( mm )	ERROR DE INDICACIÓN ( $\mu$ m )
20,000	20,010	10
	20,010	10
	20,010	10
	20,010	10
	20,010	10

Error de Repetibilidad ( $f_w$ ) : 0  $\mu$ m

Incertidumbre del error de indicación :  $\pm 3$   $\mu$ m para (k=2)

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**LM-014-2022**

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2022-02-22  
EXPEDIENTE : 023-2022

**1. SOLICITANTE** : GEO TEST V S.A.C.

**DIRECCIÓN** : Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : **BALANZA**

MARCA : OHAUS  
MODELO : TAJ4001  
NÚMERO DE SERIE : 8339450280  
ALCANCE DE INDICACIÓN : 4 000 g  
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0,1 g  
DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN ( e ) : 1 g  
CLASE DE EXACTITUD : III  
PROCEDENCIA : CHINA  
IDENTIFICACIÓN : NO INDICA  
TIPO : ELECTRÓNICA  
UBICACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-02-21

Q&M EXACTITUD PERU S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de Q&M EXACTITUD PERU S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

**3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

**4. LUGAR DE CALIBRACIÓN**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

  
Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664  
2011



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-014-2022**

Página 2 de 3

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	18,3 °C	18,3 °C
Humedad Relativa	61 %HR	62 %HR

### 6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-0806-001-21
PESAS 1 g a 2 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-0596-2021

### 7. OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SITEMA DE TRABA	NO TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial 18,3			Final 18,3		
	Carga L1 = 2 000,00 g			Carga L2 = 4 000,00 g		
	I (g)	ΔL(g)	E (g)	I (g)	ΔL(g)	E (g)
1	2 000,1	0,1	0,1	4 000,0	0,1	0,0
2	2 000,1	0,1	0,1	4 000,0	0,1	0,0
3	2 000,0	0,1	0,0	4 000,0	0,1	0,0
4	2 000,1	0,1	0,1	4 000,0	0,1	0,0
5	2 000,1	0,1	0,1	4 000,0	0,1	0,0
6	2 000,1	0,1	0,1	4 000,0	0,1	0,0
7	2 000,1	0,1	0,1	4 000,0	0,1	0,0
8	2 000,1	0,1	0,1	4 000,0	0,1	0,0
9	2 000,1	0,1	0,1	4 000,0	0,1	0,0
10	2 000,1	0,1	0,1	4 000,0	0,1	0,0
Diferencia Máxima			0,1			0,0
Error máximo permitido	± 2,0 g			± 3,0 g		

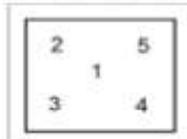


# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-014-2022

Página 3 de 3



### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Vista Frontal		Temp. (°C)		Inicial	Final				
				18,3	18,3				
Posición de la Carga	Determinación de E <sub>g</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima*	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	1,00 g	1,0	0,1	0,0	1 300,00	1 300,1	0,1	0,1	0,1
2		1,0	0,1	0,0		1 299,9	0,0	-0,1	-0,1
3		1,0	0,1	0,0		1 300,1	0,1	0,1	0,1
4		1,0	0,1	0,0		1 300,0	0,1	0,0	0,0
5		1,0	0,1	0,0		1 299,9	0,1	-0,1	-0,1
(*) valor entre 0 y 10 e						Error máximo permitido : ± 2,0 g			

### ENSAYO DE PESAJE

		Temp. (°C)		Inicial	Final					± e.m.p.**
				18,3	18,3					
Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± e.m.p.**	
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)		
1,00	1,0	0,1	0,0	0,0						
2,00	2,0	0,1	0,0	0,0	2,0	0,1	0,0	0,0	1,0	
20,00	20,0	0,1	0,0	0,0	20,0	0,1	0,0	0,0	1,0	
50,00	50,0	0,1	0,0	0,0	50,0	0,1	0,0	0,0	1,0	
100,00	100,0	0,1	0,0	0,0	100,0	0,1	0,0	0,0	1,0	
200,00	200,0	0,1	0,0	0,0	200,0	0,1	0,0	0,0	1,0	
500,00	500,0	0,1	0,0	0,0	500,0	0,1	0,0	0,0	1,0	
1 000,00	1 000,1	0,1	0,1	0,1	1 000,1	0,1	0,1	0,1	2,0	
2 000,02	2 000,1	0,1	0,1	0,1	2 000,1	0,1	0,1	0,1	2,0	
3 000,02	3 000,2	0,1	0,2	0,2	3 000,2	0,1	0,2	0,2	3,0	
4 000,03	4 000,1	0,1	0,1	0,1	4 000,1	0,1	0,1	0,1	3,0	

(\*\*) error máximo permitido

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).

I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de indicación.

Eo : Error en cero.

Ec : Error corregido.

ΔL : Incremento de pesas patrones.

$$\text{Lectura corregida } R_{\text{CORREGIDA}} = R - 4,58 \times 10^{-3} \times R$$

$$\text{Incertidumbre expandida de medición } U = 2 \times \sqrt{2,48 \times 10^{-3} \text{ g}^2 + 2,58 \times 10^{-3} \times R^2}$$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**LM-015-2022**

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2022-02-22  
EXPEDIENTE : 023-2022

**1. SOLICITANTE** : GEO TEST V S.A.C.

**DIRECCIÓN** : Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : **BALANZA**

MARCA : OHAUS  
MODELO : NV622  
NÚMERO DE SERIE : 8340086798  
ALCANCE DE INDICACIÓN : 620 g  
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0,01 g  
DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN ( e ) : 0,1 g  
CLASE DE EXACTITUD : III  
PROCEDENCIA : CHINA  
IDENTIFICACIÓN : NO INDICA  
TIPO : ELECTRÓNICA  
UBICACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-02-21

Q&M EXACTITUD PERU S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de Q&M EXACTITUD PERU S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

**3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

**4. LUGAR DE CALIBRACIÓN**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

  
Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-015-2022**

Página 2 de 3

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	18,6 °C	18,3 °C
Humedad Relativa	61 %HR	62 %HR

### 6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-0806-001-21

### 7. OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1 = 300,000 g			Carga L2 = 600,000 g		
	I (g)	ΔL(mg)	E (mg)	I (g)	ΔL(mg)	E (mg)
1	300,00	5	0	600,00	5	0
2	300,00	5	0	600,00	5	0
3	300,00	5	0	600,00	5	0
4	300,00	5	0	600,00	5	0
5	300,00	5	0	600,00	5	0
6	300,00	5	0	600,00	5	0
7	300,00	5	0	600,00	5	0
8	300,00	5	0	600,00	5	0
9	300,00	5	0	600,01	6	9
10	300,00	5	0	600,01	6	9
Diferencia Máxima			0	9		
Error máximo permitido			± 300 mg	± 300 mg		



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-015-2022

Página 3 de 3



### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

		Temp. (°C)							
		Inicial	Final						
Vista Frontal		18,6	18,6						
Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima*	I (g)	ΔL (mg)	E <sub>0</sub> (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)
1	0,100 g	0,10	5	0	200,000	200,00	5	0	0
2		0,10	5	0		200,01	6	9	9
3		0,10	5	0		200,01	6	9	9
4		0,10	5	0		199,99	4	-9	-9
5		0,10	5	0		199,99	4	-9	-9
				Error máximo permitido: ± 200 mg					

(\*) valor entre 0 y 10 e

### ENSAYO DE PESAJE

		Temp. (°C)								
		Inicial	Final							
		18,3	18,3							
Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± e.m.p. (mg)	
	I (g)	ΔL(mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)		
0,100	0,10	5	0							
0,200	0,20	5	0	0	0,20	5	0	0	100	
2,000	2,00	5	0	0	2,00	5	0	0	100	
5,000	5,00	5	0	0	5,00	5	0	0	100	
50,000	50,00	5	0	0	50,00	5	0	0	100	
100,000	100,00	5	0	0	100,00	5	0	0	200	
200,000	200,00	5	0	0	200,00	5	0	0	200	
300,000	299,99	4	-9	-9	300,00	5	0	0	300	
400,000	399,99	4	-9	-9	399,99	4	-9	-9	300	
500,000	499,99	4	-9	-9	499,99	4	-9	-9	300	
620,000	619,99	4	-9	-9	619,99	4	-9	-9	300	

(\*\*) error máximo permitido

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).

I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de indicación.

E<sub>0</sub> : Error en cero.

E<sub>c</sub> : Error corregido.

ΔL : Incremento de pesas patrones.

$$\text{Lectura corregida } R_{\text{CORREGIDA}} = R + 1,71 \times 10^{-9} \times R$$

$$\text{Incertidumbre expandida de medición } U = 2 \times \sqrt{3,78 \times 10^{-8} \text{ g}^2 + 2,43 \times 10^{-10} \times R^2}$$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### LM-017-2022

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN	:	2022-02-22
EXPEDIENTE	:	023-2022
<b>1. SOLICITANTE</b>	:	<b>GEO TEST V S.A.C.</b>
<b>DIRECCIÓN</b>	:	<b>Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN</b>
<b>2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	:	<b>BALANZA</b>
MARCA	:	OHAUS
MODELO	:	R31P30
NÚMERO DE SERIE	:	NO INDICA
ALCANCE DE INDICACIÓN	:	30 000 g
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN	:	1 g
DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN ( e )	:	10 g
CLASE DE EXACTITUD	:	III
PROCEDENCIA	:	CHINA
IDENTIFICACIÓN	:	BAL-02 (*)
TIPO	:	ELECTRÓNICA
UBICACIÓN	:	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
FECHA DE CALIBRACIÓN	:	2022-02-21

Q&M EXACTITUD PERU S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de Q&M EXACTITUD PERU S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

#### 3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

#### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN



Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664



2011



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-017-2022

Página 2 de 3

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	18,6 °C	18,3 °C
Humedad Relativa	61 %HR	62 %HR

### 6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS 1 mg a 2 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-0806-001-21
PESAS 1 g a 2 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-0598-2021
PESAS 5 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-0597-2021
PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-0598-2021
PESAS 20 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-0599-2021

### 7. OBSERVACIONES

- (\*) Indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SITEMA DE TRABA	NO TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial 18,6			Final 18,6		
	Carga L1 = 15 000,0 g			Carga L2 = 30 000,0 g		
	I (g)	ΔL(g)	E (g)	I (g)	ΔL(g)	E (g)
1	15 000	0,5	0,0	29 999	0,4	-0,9
2	15 000	0,5	0,0	29 999	0,4	-0,9
3	15 000	0,5	0,0	29 999	0,4	-0,9
4	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
5	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
6	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
7	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
8	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
9	14 999	0,4	-0,9	30 000	0,5	0,0
10	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
Diferencia Máxima						
Error máximo permitido	± 20,0 g			± 30,0 g		

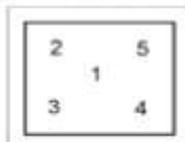


# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-017-2022

Página 3 de 3



### ENSAYO DE EXCENRICIDAD

Vista Frontal		Temp. (°C)		Initial	Final				
				18,6	18,6				
Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima*	I (g)	ΔL (g)	E <sub>0</sub> (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	10,0 g	10	0,5	0,0	10 000,0	10 000	0,5	0,0	0,0
2		10	0,5	0,0		9 999	0,4	-0,9	-0,9
3		10	0,5	0,0		10 000	0,5	0,0	0,0
4		10	0,5	0,0		10 001	0,6	0,9	0,9
5		10	0,5	0,0		10 000	0,5	0,0	0,0
Error máximo permitido: ± 20,0 g									

(\*) valor entre 0 y 10 e

### ENSAYO DE PESAJE

		Temp. (°C)		Initial	Final					± e.m.p.**
				18,3	18,3					(g)
Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± e.m.p.** (g)	
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)		
10,0	10	0,5	0,0							
20,0	20	0,5	0,0	0,0	20	0,5	0,0	0,0	0,0	10,0
500,0	500	0,5	0,0	0,0	500	0,5	0,0	0,0	0,0	10,0
1 000,0	1 000	0,5	0,0	0,0	1 000	0,5	0,0	0,0	0,0	10,0
2 000,0	2 000	0,5	0,0	0,0	2 000	0,5	0,0	0,0	0,0	10,0
5 000,0	5 000	0,5	0,0	0,0	5 000	0,5	0,0	0,0	0,0	10,0
10 000,0	10 000	0,5	0,0	0,0	10 000	0,5	0,0	0,0	0,0	20,0
15 000,0	15 000	0,5	0,0	0,0	15 000	0,5	0,0	0,0	0,0	20,0
20 000,6	20 001	0,6	0,1	0,1	20 001	0,6	0,1	0,1	0,1	20,0
25 000,6	25 001	0,6	0,1	0,1	25 001	0,6	0,1	0,1	0,1	30,0
30 000,6	30 001	0,6	0,1	0,1	30 001	0,6	0,1	0,1	0,1	30,0

(\*\*) error máximo permitido

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).

I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de Indicación.

E<sub>0</sub> : Error en cero.

E<sub>c</sub> : Error corregido.

ΔL : Incremento de pesas patrones.

$$\text{Lectura corregida } R_{\text{CORREGIDA}} = R - 5,56 \times 10^{-7} \times R$$

$$\text{Incertidumbre expandida de medición } U = 2 \times \sqrt{3,56 \times 10^{-7} \text{ g}^2 + 1,03 \times 10^{-9} \times R^2}$$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

**METROTEC**  
**VERIFICADO**  
 N° INFORME: MT-IV-170-2021  
 SERIE / CÓDIGO: 542  
 FECHA DE SERVICIO: 2021-06-04  
 Av. San Diego de Almagro No. 21 Lote 21 A9, San Diego - Lima  
 Tel: (01) 544582 Email: metrologia@metrologiaetecnicas.com



# METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

## INFORME DE VERIFICACIÓN MT - IV - 170 - 2021

Área de Metrología  
 Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	<b>200242</b>
<b>2. Solicitante</b>	<b>ORDOÑEZ CAMPOSANO VLADIMIR</b>
<b>3. Dirección</b>	<b>Jr Grau 211, Huancayo - JUNIN</b>
<b>4. Instrumento de medición</b>	<b>CAZUELA CASAGRANDE</b>
<b>Marca</b>	<b>FORNEY</b>
<b>Modelo</b>	<b>LA-3715</b>
<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A.</b>
<b>Número de Serie</b>	<b>542</b>
<b>Código de Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>
<b>Tipo de contador</b>	<b>ANALÓGICO</b>
<b>5. Fecha de Verificación</b>	<b>2021-06-04</b>

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión  
 2021-06-08

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

  
 ELEAZAR CÉSAR CHÁVEZ RARAZ



**INFORME DE VERIFICACIÓN  
MT - IV - 170 - 2021***Área de Metrología**Laboratorio de Longitud*

Página 2 de 3

**6. Método de Verificación**

La Verificación se realizó tomando las medidas del instrumento, según las especificaciones de la norma internacional ASTM D4318 "Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit and Plastic Index of Soils."

**7. Lugar de Verificación**

Laboratorio de Longitud de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

**8. Condiciones ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	21,6 °C	21,6 °C
Humedad Relativa	66 %	66 %

**9. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Regla de acero Clase I INACAL DM/LLA-256-2017	Regla de acero de 1000 mm con incertidumbre de 0,1 mm	INACAL DM LLA-052-2018
Magnificador óptico con retícula de medición. INACAL DM/LLA-043-2017		

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICADO**.

**11. Resultados**

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

**DIMENSIONES DE LA BASE DE GOMA DURA**

Altura (mm)	Profundidad (mm)	Ancho (mm)
50,88	150,16	125,05

**DIMENSIONES DE LA COPA**

Radio de la copa (mm)	Espesor de la copa (mm)	Altura desde la guía del elevador hasta la base (mm)
53,57	2,01	47,41

---

Fin del Documento

---

## **FICHA TECNICA CLORURO DE MAGNESIO**

## FICHA TÉCNICA CLORURO DE MAGNESIO

### 1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Nombre Químico	Cloruro de Magnesio Hexahidratado
Formula Molecular	MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O
Peso molecular	

### 2. DESCRIPCIÓN

Cristales blancos o incoloros  
Delicuescente  
Descompone a oxiclورو  
Soluble en agua y alcohol  
Producto moderadamente tóxico.

### 3. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

MgCl <sub>2</sub>	47% mín.
MgSO <sub>4</sub>	0.5% máx.
KCl	0.5% máx.
NaCl	0.7% mín.
CaSO <sub>4</sub>	0.2% máx.
Hierro (Fe)	10 ppm máx.
Agua	52% máx.

### 4. PROPIEDADES

Presentación	Escamas
Color	Blanco (Ligeramente amarillento)
Olor	Inoloro
Punto de Fusión	118°C
Densidad	1.604 gr./cc a 20 °C
Presión de Vapor	0 mbar a 20 °C

FECHA REALIZACION	REALIZO	ACTUALIZO
2010/05/03	I.Q. Iván Darío Ospina	I.Q. Iván Darío Ospina Mayo 05- 2020

Carrera 50C No. 10 Sur - 18 PBX: 361 07 11 Ext 109 [iospina@dqisa.com](mailto:iospina@dqisa.com)



DISTRIBUIDORA DE QUÍMICOS INDUSTRIALES S.A

"Líderes en Calidad Cumplimiento y Servicio"

[www.dqisa.com](http://www.dqisa.com)

---

Solubilidad en Agua	2.430 gr./L H <sub>2</sub> O
pH (solución saturada)	5.5 – 7
Temperatura de fusión	118 °C

## 5. APLICACIONES

En la industria se usa como materia prima básica para la fabricación de Carbonato de Magnesio, óxido de Magnesio y otros derivados del Magnesio, producción de cementos magnésicos, materiales refractarios, aldehído cianico, resina formaldehído, electrodos para soldadura, desinfectantes, extinguidores de incendio, tratamiento de maderas para hacerlas no inflamables, cerámica, líquidos refrigerantes usados en el mecanizado de metales.

En industria textil para tratamiento de algodón y lana y lubricante de hilos, fabricación de papel, agente floculante, catalizador y otros usos industriales. En medicina se usa como catalizador en la fabricación de Terramicina inyectable. En alimentos se utiliza como coagulante del Látex para granos.

### Información Adicional

Los datos proporcionados en esta hoja, son tomados de fuentes confiables y representan la mejor información conocida actualmente sobre la materia, este documento debe utilizarse solo como guía para la manipulación del producto con la precaución adecuada, DISTRIBUIDORA DE QUÍMICOS INDUSTRIALES no asume responsabilidad alguna por reclamos, pérdidas o daños que resulten del uso inapropiado de la mercancía y/o de un uso distinto para el que fue concebida. El usuario debe hacer sus propias investigaciones para determinar la aplicabilidad de la información consignada en la presente hoja según sus propósitos particulares

---

FECHA REALIZACION	REALIZO	ACTUALIZO	I.Q. Iván Darío Ospina
2010/05/03	I.Q. Iván Darío Ospina	Mayo 05- 2020	

Carrera 50C No. 10 Sur – 18 PBX: 361 07 11 Ext 109 [lospina@dqisa.com](mailto:lospina@dqisa.com)

**DETALLE DE PRESUPUESTO CON LA ADICION DE CLORURO  
DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACION DE  
SUELOS**



### 3. Presupuesto

PRESUPUESTO					
ACTIVIDAD : CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN EL ANEXO LEÓN PAMPA, TAYACAJA, HUANCAMELICA - 2020					
ELABORADO : Bach./Ing. ABEL CARBAJAL CONDORI			REGION : HUANCAMELICA		
FORMULA : ESTABILIZACION DE AFIRMADO			PROVINCIA : TAYACAJA		
LUGAR : ANEXO LEON PAMPA			DISTRITO : COLCABAMBA		
ITEM	DESCRIPCIÓN PARTIDA	UND	METRADO	PRECIO	PARCIAL
<b>1</b>	<b>ESTABILIZACION DE AFIRMADO</b>				
01.01.	TRAMO PLATERO-ACCOLOMA (0+000 - 1+000)				
01.01.01.	TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.01.01.	TRAZO, NIVELACIÓN Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	m2	4,500	1.51	6795.00
01.02.02.	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
01.02.02.01.	ESCARIFICADO DE LA CARPETA DE RODADURA EXISTENTE	m2	4,500	7.22	32490.00
01.02.02.02.	MEZCLADO DE MATERIAL PROPIO DE AFIRMADO	m3	675	2.17	1464.75
01.02.03.	REPOSICION DE PLATAFORMA				
01.02.03.01.	COMPACTACION DE PLATAFORMA	m2	4500.00	2.42	10890.00
01.02.03.02.	RIEGO DE LA BASE DE AFIRMADO	m2	4500.00	2.16	9720.00

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	ESTABILIZACION DE AFIRMADO				61,359.75
01.01	TRAMO PLATERO-ACCOLOMA (0+000 - 1+000)				61,359.75
01.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				6,795.00
01.01.01.01	TRAZO, NIVELACIÓN Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	m2	4,500.00	1.51	6,795.00
01.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				33,954.75
01.01.02.01	ESCARIFICADO DE LA CARPETA DE RODADURA EXISTENTE	m2	4,500.00	7.22	32,490.00
01.01.02.02	MEZCLADO DE MATERIAL PROPIO DE AFIRMADO	m3	675.00	2.17	1,464.75
01.01.03	REPOSICION DE PLATAFORMA				20,610.00
01.01.03.01	COMPACTACION DE PLATAFORMA	m2	4,500.00	2.42	10,890.00
01.01.03.02	RIEGO DE LA BASE DE AFIRMADO	m2	4,500.00	2.16	9,720.00
	COSTO DIRECTO				61,359.75
	GASTOS GENERALES 10%				6,135.98
	SUBT TOTAL				67,495.73
	IMPUESTOS (IGV 18%)				12,149.23
	TOTAL DE PRESUPUESTO				79,644.96

### 4. Análisis de precios unitarios

Partida	01.01.01.01	TRAZO, NIVELACIÓN Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 500.0000	EQ. 200.0000	Costo unitario directo por : m2		1.51
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0320	16.23	0.52
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0160	22.55	0.36
<b>0.88</b>						
<b>Materiales</b>						
02130300010002	YESO EN BOLSA 25 kg	bol		0.0050	15.25	0.08
0231040001	ESTACAS DE MADERA	und		0.0200	4.50	0.09
<b>0.17</b>						
<b>Equipos</b>						
0301000022	ESTACION TOTAL (INCLUYE PRISMAS)	hm	0.7000	0.0280	15.00	0.42
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.88	0.04
<b>0.46</b>						
Partida	01.01.02.01	ESCARIFICADO DE LA CARPETA DE RODADURA EXISTENTE				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 2,500.0000	EQ. 200.0000	Costo unitario directo por : m2		7.22
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0032	22.55	0.07
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0064	16.23	0.10
<b>0.17</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.17	0.01
03012000010004	MOTONIVELADORA CAT 12M	hm	0.8000	0.0320	220.00	7.04
<b>7.05</b>						
Partida	01.01.02.02	MEZCLADO DE MATERIAL PROPIO DE AFIRMADO				
Rendimiento	m3/DIA	MO. 420.0000	EQ. 2,000.0000	Costo unitario directo por : m3		2.17
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0190	22.55	0.43
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0571	16.23	0.93
<b>1.36</b>						
<b>Materiales</b>						
0290130024	AGUA	m3		0.0350	1.00	0.04
<b>0.04</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.36	0.07
03012000010004	MOTONIVELADORA CAT 12M	hm	0.8000	0.0032	220.00	0.70
<b>0.77</b>						

Partida	01.01.03.01		COMPACTACION DE PLATAFORMA				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 800.0000	EQ. 1,000.0000	Costo unitario directo por : m2			2.42
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0100	22.55	0.23
0101010005	PEON		hh	3.0000	0.0300	16.23	0.49
							<b>0.72</b>
	<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	0.72	0.04
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP		hm	0.5000	0.0040	15.00	0.06
03011900020002	RODILLO VIBRATORIO DYNAPAC LISO CA-25		hm	1.0000	0.0080	200.00	1.60
							<b>1.70</b>
Partida	01.01.03.02		RIEGO DE LA BASE DE AFIRMADO				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 200.0000	EQ. 4,000.0000	Costo unitario directo por : m2			2.16
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0400	22.55	0.90
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0400	16.23	0.65
							<b>1.55</b>
	<b>Materiales</b>						
0279010052	CLORURO DE MAGNESIO		kg		0.0100	21.30	0.21
							<b>0.21</b>
	<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	1.55	0.08
03010400030004	MOTOBOMBA DE 4" (12 HP)		hm	0.4500	0.0009	25.00	0.02
03012200050001	CAMION CISTERNA (2,500 GLNS.)		hm	1.0000	0.0020	150.00	0.30
							<b>0.40</b>