

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UPLA**  
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**TESIS**

**EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS  
VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS  
MEDIANTE LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y  
CEMENTO**

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

**Presentado por:**

**BACH. VEGA CORONEL HERMES**

**Asesora:**

**MTRA. JEANELLE SOFIA HERRERA MONTES**

**Línea de Investigación Institucional:**

**Nuevas Tecnologías y Procesos**

**Línea de investigación por programa de estudios:**

**Nuevas Tecnologías y Procesos**

**Huancayo – Perú**

**2023**

**ASESORA**

**MTRA. JEANNELLE SOFIA HERRERA MONTES**

## HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

---

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera  
Presidente

---

Ing. Carlos Gerardo Flores Espinoza  
Jurado

---

Ing. Nataly Lucia Córdova Zorrilla  
Jurado

---

Ing. Christian Mallaupoma Reyes  
Jurado

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza  
Jurado

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mi madre, por el impulso emocional  
para lograr mis metas

El autor.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradezco a Dios por el camino guiado.

A la universidad, por acogerme y hacerme parte de ella, en la formación como profesional.

Agradezco a los profesionales involucrados en este tema, por el aporte de su capacidad y conocimiento científico.

El autor

## CONSTANCIA 241

### DE SIMILITUD DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN POR EL SOFTWARE DE PREVENCIÓN DE PLAGIO TURNITIN

La Dirección de Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, hace constar por la presente, que el informe final la Tesis titulado: "EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y CEMENTO"

**Cuyo autor (a)** : Hermes Vega Coronel.  
**Facultad** : Ingeniería  
**Escuela Profesional** : Ingeniería Civil  
**Asesor** : Mtra. Jeanelle Sofia Herrera Montes

Que, fue presentado con fecha 21.08.2023 y después de realizado el análisis correspondiente en el software de prevención de plagio Turnitin con fecha 22.08.2023; con la siguiente configuración de software de prevención de plagio Turnitin:

- Excluye bibliografía.
- Excluye citas.
- Excluye cadenas menores de a 20 palabras.
- Otro criterio (especificar)

Dicho documento presenta un porcentaje de similitud de **12%**. En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°11 del Reglamento de uso de software de prevención de plagio, el cual indica que no se debe superar el **30%**. Se declara, que el trabajo de investigación: si contiene un porcentaje aceptable de similitud. Observaciones: ninguna.

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presenta constancia.

Huancayo 24 de Agosto del 2023



---

Dr. Santiago Zevallos Salinas  
Director de la Unidad de Investigación

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>vi</b>
<b>CONTENIDO.....</b>	<b>8</b>
<b>CONTENIDO DE TABLAS .....</b>	<b>11</b>
<b>CONTENIDO DE FIGURAS .....</b>	<b>12</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>14</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>15</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>18</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>18</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	18
1.2. Delimitación de la investigación.....	19
1.2.1. Espacial	19
1.2.2. Temporal.....	20
1.3. Formulación del problema.....	20
1.3.1. Problema general.....	20
1.3.2. Problemas específicos.....	20
1.4. Justificación de la investigación .....	21
1.4.1. Justificación práctica .....	21
1.4.2. Justificación científica .....	21
1.4.3. Justificación metodológica.....	21
1.5. Objetivos de la investigación.....	22
1.5.1. Objetivo general .....	22
1.5.2. Objetivos específicos.....	22
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>23</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>23</b>
2.1. Antecedentes de la investigación.....	23
2.1.1. Antecedentes nacionales .....	23
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	26

2.2. Bases teóricas o científicas .....	29
2.3. Marco conceptual.....	42
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>45</b>
<b>HIPÓTESIS .....</b>	<b>45</b>
3.1.1. Hipótesis general .....	45
3.1.2. Hipótesis específica .....	45
3.2. Variables.....	45
3.2.1. Definición conceptual de las variables .....	45
3.2.2. Definición operacional de la variable .....	46
3.2.3. Operacionalización de variables.....	48
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>49</b>
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>49</b>
4.1. Método de investigación .....	49
4.2. Tipo de investigación .....	49
4.3. Nivel de la investigación .....	50
4.4. Diseño de la investigación.....	50
4.5. Población y muestra .....	51
4.5.1. Población .....	51
4.5.2. Muestra	51
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	51
4.6.1. Técnicas.....	51
4.6.2. Instrumentos.....	55
4.7. Técnica de Procesamiento y análisis de datos .....	56
4.7.1. Técnicas y análisis de datos.....	59
4.8. Aspectos éticos de la investigación.....	62
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>64</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>64</b>
5.1. Consistencia del suelo .....	64
5.2. Retracción del suelo .....	70
5.3. Densidad del suelo .....	75



5.4. Prueba de hipótesis .....	78
4.4.1. Prueba de hipótesis de la consistencia del suelo .....	78
4.4.2. Prueba de hipótesis de la retracción del suelo.....	80
4.4.3. Prueba de hipótesis de la densidad del suelo.....	81
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>83</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>83</b>
6.1. Consistencia del suelo.....	83
6.2. Retracción del suelo.....	84
6.3. Densidad del suelo.....	85
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>86</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>87</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>93</b>
<b>Anexo N°01: Matriz de consistencia .....</b>	<b>94</b>
<b>Anexo N°02: Resultados de laboratorio .....</b>	<b>96</b>
<b>Anexo N°03: Fichas de laboratorio y Certificados de calibración.....</b>	<b>114</b>
<b>Anexo N°04: Registros fotográficos .....</b>	<b>122</b>

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Características según la flexibilidad de la arcilla .....	36
Tabla 2. Clasificación de suelos de acuerdo a la dimensión de partículas .....	37
Tabla 3. Característica de subrasante según IP .....	40
Tabla 4. Comportamiento del suelo según el Índice de liquidez .....	41
Tabla 5. Hinchamiento potencial .....	41
Tabla 6. Operacionalización de variables .....	48

## CONTENIDO DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Factores del suelo .....	36
<b>Figura 2.</b> Suelo arcilloso. ....	37
<b>Figura 3.</b> El aparato de Casagrande. ....	38
<b>Figura 4.</b> Cambio de Volumen de acuerdo al límite de contracción. ....	39
<b>Figura 5.</b> Potencial de expansión de acuerdo al IP. ....	40
<b>Figura 6.</b> Abaco de Bureau of Reclamation. ....	41
<b>Figura 7:</b> Curva granulométrica de la arcilla, muestra patrón. ....	57
<b>Figura 8:</b> Curva granulométrica del limo, muestra patrón. ....	57
<b>Figura 9:</b> Índice de plasticidad de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	65
<b>Figura 10:</b> Índice de plasticidad del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	66
<b>Figura 11:</b> Porcentaje de variación del índice de plasticidad de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	66
<b>Figura 12:</b> Porcentaje de variación del índice de plasticidad del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	67
<b>Figura 13:</b> Índice de liquidez de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	68
<b>Figura 14:</b> Índice de liquidez del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	68
<b>Figura 15:</b> Porcentaje de variación del índice de liquidez de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	69
<b>Figura 16:</b> Porcentaje de variación del índice de liquidez del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	69
<b>Figura 17:</b> Límite de contracción de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	71
<b>Figura 18:</b> Límite de contracción del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	71
<b>Figura 19:</b> Porcentaje de variación del límite de contracción de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	72
<b>Figura 20:</b> Porcentaje de variación del límite de contracción del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	72
<b>Figura 21:</b> Índice de retracción de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	73
<b>Figura 22:</b> Índice de retracción del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	74
<b>Figura 23:</b> Porcentaje de variación del índice de retracción de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	74
<b>Figura 24:</b> Porcentaje de variación del índice de retracción del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	75
<b>Figura 25:</b> Densidad seca de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	76
<b>Figura 26:</b> Densidad seca del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	77
<b>Figura 27:</b> Porcentaje de variación de la densidad seca de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	77
<b>Figura 28:</b> Porcentaje de variación de la densidad seca del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. ....	78

## CONTENIDO DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía N° 1:</b> Análisis granulométrico, referencia norma MTC E 107. ....	123
<b>Fotografía N° 2:</b> Determinación del Limite Líquido, referencia de la norma MTC E 110. ....	123
<b>Fotografía N° 3:</b> Determinación del Limite Plástico; referencia de la norma MTC E 111. ....	124
<b>Fotografía N° 4:</b> Compactación del suelo en laboratorio con el uso de energía modificada, referencia de la norma MTC E 115. ....	124
<b>Fotografía N° 5:</b> Compactación del material, dentro del molde en 5 capas, con 25 golpes, referencia de la norma MTC E 115. ....	125
<b>Fotografía N° 6:</b> Análisis granulométrico, referencia norma MTC E 107. ....	125
<b>Fotografía N° 7:</b> Determinación del Limite Líquido, referencia de la norma MTC E 110. ....	126
<b>Fotografía N° 8:</b> Determinación del Limite Plástico; referencia de la norma MTC E 111. ....	126
<b>Fotografía N° 9:</b> Compactación del suelo en laboratorio con el uso de energía modificada, referencia de la norma MTC E 115. ....	127
<b>Fotografía N° 10:</b> Compactación del material, dentro del molde en 5 capas, con 25 golpes, referencia de la norma MTC E 115. ....	127

## RESUMEN

La tesis actual planteó el problema general: ¿Cuáles son los cambios volumétricos en arcillas y limos mediante la adición de humo de sílice y cemento?, siendo el objetivo general: Determinar los cambios volumétricos en arcillas y limos mediante la adición de humo de sílice y cemento. Y como hipótesis general: Los cambios volumétricos en arcillas y limos mediante la adición de humo de sílice y cemento inciden significativamente en la plasticidad, contracción y densidad del suelo.

El método empleado fue científico, tipo de investigación aplicado, nivel de investigación explicativa. La población: corresponde a muestras de suelos arcillosos y limosos, ubicados en la ciudad de Huancayo, región Junín, con y sin adición de humo de sílice y de cemento. La muestra corresponde a; Suelo natural, Suelo natural + 2% de cemento + 1% de Sílice, Suelo natural + 2% de cemento + 2.5% de Sílice, para ambos casos (Suelo arcilloso y Suelo limoso).

La conclusión principal: Se concluye que el cambio volumétrico en arcillas y limos al emplear humo de sílice y cemento genera un decremento en las propiedades de plasticidad y densidad, asimismo asegura una menor probabilidad de cambio de volumen gracias a la naturaleza de ambos cementantes.

**PALABRAS CLAVES:** Variación, Cambio Volumétrico, Suelos.

## **ABSTRACT**

The present thesis offered the general problem: What are the volumetric changes in clays and silts by the addition of silica fume and cement, the overall purpose being: To determine the volumetric changes in clays and silts by the addition of silica fume and cement. And as general hypothesis: The consequences of volumetric changes in clays and silts by the addition of silica fume and cement will be largely on plasticity, shrinkage and density of the soil.

The approach adopted was scientific, applied kind of study, explanatory level of research. The population: refers to samples of clayey and silty soils, situated in the city of Huancayo, Junin area, with and without addition of silica fume and cement. The sample corresponds to; Natural soil, Natural soil + 2% cement + 1% silica, Natural soil + 2% cement + 2.5% silica, for both scenarios (clay soil and silty soil).

The main conclusion: It is concluded that the volumetric change in clays and silts when using silica fume and cement is significantly reduced, since the decrease in PI and LC ensure better structural behavior and the lower density ensures less volume variability due to the cementitious nature of such agents.

**KEY WORDS:** Variation, Volumetric Change, Soils.

## INTRODUCCIÓN

La tesis titulada: “Evaluación de los cambios volumétricos en arcillas y limos mediante la adición de humo de sílice y cemento”, nace de la problemática “¿Cuáles son los cambios volumétricos en arcillas y limos mediante la adición de humo de sílice y cemento?”, Por lo tanto, se busca la solución del problema en el desarrollo de teorías en las que se relacionen la variación de los cambios volumétricos y/o cambios en las propiedades físicas de los suelos, también es de gran importancia estudiar las características del suelo para los diferentes proyectos, este estudio es fundamental para la comprensión del comportamiento del suelo ante posibles mejoras que tenga que soportar.

El estudio es significativo porque a través del análisis de la propuesta se pretende establecer los cambios primarios cuando se realiza una mejora, en este ejemplo, la aplicación de cemento y humo de sílice.

Por consecuente, la presente investigación se ha capitulado en lo siguiente:

**Capítulo I.**-En la sección se muestra la descripción del problema, problemas, justificación, delimitaciones, limitaciones y objetivos de la investigación.

**Capítulo II.**-En la presente investigación se presentó antecedentes internacionales y nacionales, las bases teóricas o científicas y el marco conceptual.

**Capítulo III.**-Se presenta la hipótesis general, las hipótesis específicas, la definición operaciones y conceptual de las variables de la investigación.

**Capítulo IV.**-En este capítulo se presenta la metodología de la investigación, el tipo, nivel de investigación, diseño, población y muestra, así como las técnicas e instrumentos para la recolección de datos, las técnicas para el procesamiento y el análisis de datos y los aspectos éticos de la investigación.

**Capítulo V.**-Los resultados de la investigación se muestran en este capítulo iniciando con el diseño tecnológico, la descripción de los resultados, la contrastación de hipótesis.

**Capítulo VI.** -En esta sección se muestra el análisis y la discusión de los resultados con los antecedentes encontrados, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas, matriz de consistencia, y anexos en los que se muestra documentación importante para la investigación.

Bach. Vega Coronel Hermes.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Descripción de la realidad problemática

(Geoctenia242, 2017) La fracturación y agrietamiento exhibidos en la superficie de los depósitos de arcilla en la zona metropolitana ocurren durante el inicio de la temporada de lluvias en el Valle de México, lo que permite que el agua se infiltre a través de las fisuras superficiales establecidas durante la temporada seca. Una vez dentro de las fracturas, el agua funciona como un gato hidráulico.

(Verdugo, 2013) Nos informan que en las zonas hacia el oriente de Santiago se encuentran depósitos de arcillas expansivas que se hincan en presencia de agua, causando graves daños estructurales en las estructuras.

Las arcillas encuentran cualidades no deseadas en el suelo, como fluctuaciones de volumen por la pérdida o presencia de agua, lo que provoca la expansión y contracción del suelo y una reducción de la capacidad portante y la resistencia al cizallamiento a medida que aumenta el contenido de agua. (Rondón, 2011).

En la ciudad de Huancayo se encuentran numerosas áreas arcillosas y limosas, lo cual es un problema importante. Además, existen técnicas de estabilización para garantizar la seguridad en los proyectos de ingeniería, donde se han demostrado

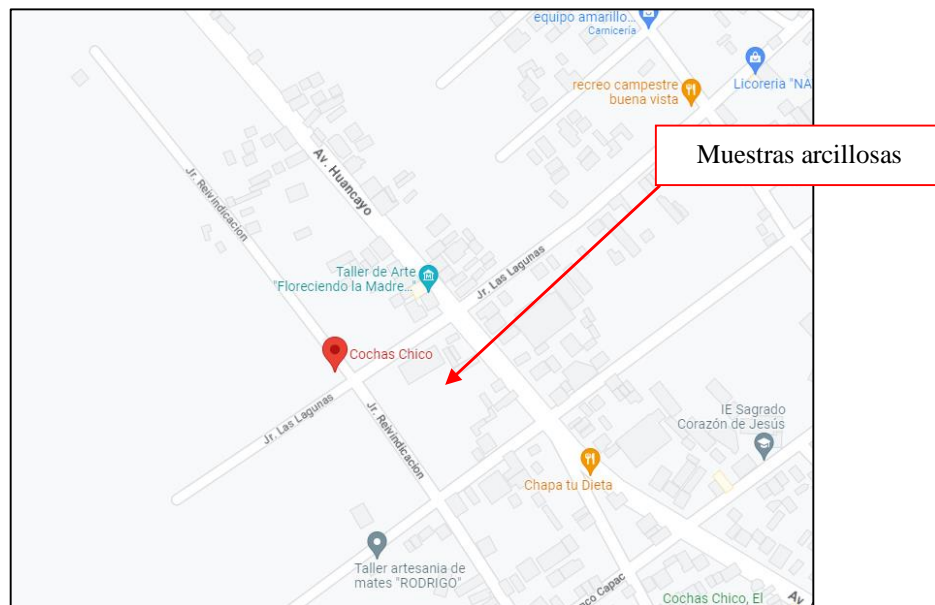
mejoras en muchos referentes. Sin embargo, sigue siendo incierto cómo reaccionan los suelos arcillosos y limosos ante la incorporación de agentes químicos como el cemento y el humo de sílice en sus propiedades.

## 1.2. Delimitación de la investigación

### 1.2.1. Espacial

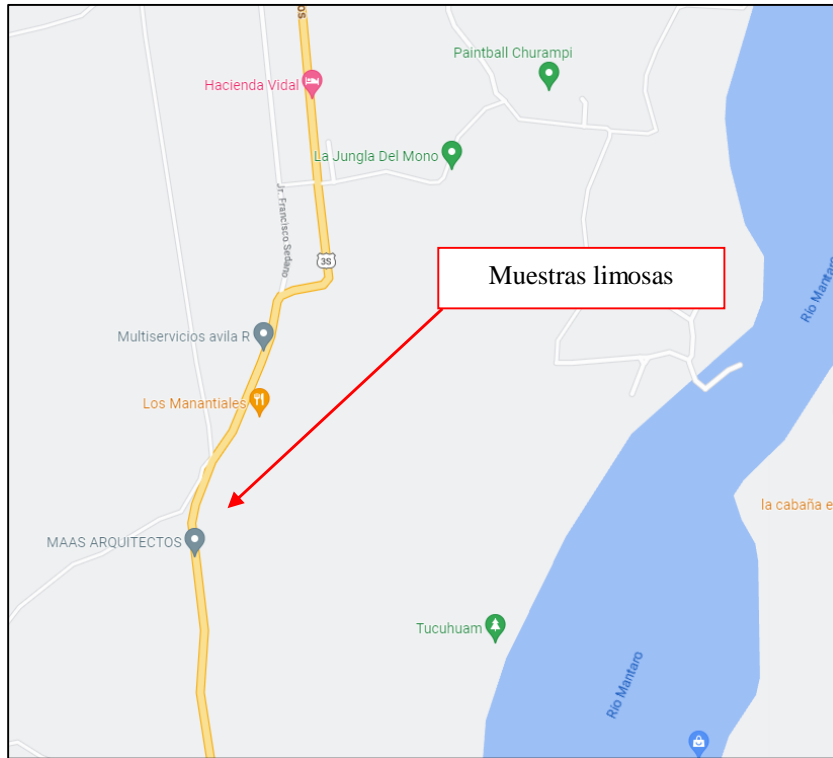
La investigación empleó muestras de la zona de Cochas Chico - El Tambo. (muestras de arcillas) y el distrito de 3 de diciembre (Limos), provincia de Huancayo.

*Ilustración 1: Mapa de Ubicación de Suelo arcilloso.*



**Fuente:** Google Maps.

*Ilustración 2: Mapa de Ubicación de Suelo limoso.*



**Fuente:** Google Maps.

### 1.2.2. Temporal

Esta tesis se llevó a cabo de noviembre a marzo de 2023.

## 1.3. Formulación del problema

### 1.3.1. Problema general

¿Cuáles son los cambios volumétricos en arcillas y limos con adición de humo de sílice y cemento?

### 1.3.2. Problemas específicos

a) ¿En qué medida varia la plasticidad en arcillas y limos con adición de humo de sílice y cemento?

- b) ¿De qué manera varía la retracción en arcillas y limos con adición de humo de sílice y cemento?
- c) ¿Cómo varía la densidad en arcillas y limos con adición de humo de sílice y cemento?

## **1.4. Justificación de la investigación**

### **1.4.1. Justificación práctica**

El estudio pretende abordar un problema real y, si es necesario, conectarse con otros retos prácticos. (Hernández, Fernández, & Lucio, 2006).

Para prever su comportamiento mecánico, el análisis actual permite identificar las variaciones entre los cambios volumétricos al añadir agentes como cemento y humo de sílice.

### **1.4.2. Justificación científica**

Según (Méndez, 2012) La justificación teórica o científica es el objetivo de la investigación, que se encarga de producir un debate académico sobre el conocimiento existente, comparar una teoría, contrastar hallazgos y construir la epistemología del conocimiento existente.

La razón científica se basará en los fundamentos teóricos y se realizarán las pruebas pertinentes utilizando el manual de ensayo de materiales.

### **1.4.3. Justificación metodológica**

Según Méndez Álvarez (2020), La justificación metodológica se produce cuando se emplea un enfoque o estrategia novedosos para crear información

válida y fiable. Esto ofrece la búsqueda de enfoques o estrategias innovadores para producir conocimiento.

La justificación metodológica de esta investigación se basa en la necesidad de comprender, evaluar y describir el comportamiento mecánico del suelo como respuesta a la aplicación de cemento y humo de sílice.

## **1.5. Objetivos de la investigación**

### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar los cambios volumétricos en arcillas y limos con de humo de sílice y cemento.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- a. Analizar la variación de la plasticidad en arcillas y limos con adición de humo de sílice y cemento.
- b. Evaluar la retracción en arcillas y limos con adición de humo de sílice y cemento.
- c. Determinar la variación de la densidad en arcillas y limos con adición de humo de sílice y cemento.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. Antecedentes nacionales**

(Castro Gonzales, 2019), presentó la obra titulada: “Análisis de mejora de suelos arcillosos de alta plasticidad a nivel de subrasante mediante adición de cemento Portland para disminuir el cambio volumétrico”, el cual fija a manera de resultado: “Límite líquido 66.10%, Límite plástico 26.90%, Índice de plasticidad 39.20%. La expansión del material disminuye hasta un 7,18% con la adición de cemento Portland. Sin embargo, cabe destacar que la expansión de las muestras de suelo cemento se mantienen dentro del mismo rango que no está relacionado con la cantidad de cemento, este rango va de 2.96% a 4.72%, es decir, el cambio volumétrico que presenta la arcilla disminuye por la presencia de cemento Portland y no por la cantidad del mismo. La conclusión: “La reducción del cambio volumétrico podría deberse a que las partículas de cemento Portland reaccionan con las moléculas de agua y como consecuencia se

evita el contacto de estas moléculas con las partículas de suelo arcilloso de alta plasticidad, provocando que la parte arcillosa de la mezcla sea menos reactiva”.

(Velasquez Pereyra, 2018), presento la tesis titulado: Influencia Del Cemento Portland Tipo I En La estabilización Del Suelo Arcilloso De La Subrasante De La avenida Dinamarca, Sector La Molina, el cual fija el objetivo general: “Evaluar la influencia del cemento Portland Tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina”, aplicando la metodología: de tipo de investigación Aplicada, obteniendo como resultado: que El índice de contracción está sujeto al comportamiento que presentan el límite plástico y el límite de contracción. En este caso se observa una tendencia a disminuir con la adición de cemento, esto debido a que el límite de contracción aumenta más rápido que el límite plástico., y finalmente concluye: Mencionando que la influencia del cemento Portland Tipo I, en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina, se reflejó en la reducción de su índice de plasticidad e índice de contracción y en el incremento de su índice CBR.

**(Moreno Varas & Rodríguez Iparraguirre, 2019)** presentó la obra titulada: “Estabilización de suelos para atenuar efectos de plasticidad del material de sub rasante de la carretera Cáceres del Perú – Tara –Distrito de Cáceres del Perú”, el cual fija como objetivo general: “Evaluar la causa incrementando el aditivo (cal o cemento) en el suelo por encima de la disminución de la plasticidad, para la mejora de su comportamiento como subrasante de carretera, llegando a obtener el resultado: “que añadiendo 1,5 % de cal el CBR =7,44 , con una dosificación de 2,5 % el CBR=11,40 y con una dosificación de 3,5 % de cal el CBR=11,25 con una disminución del índice de plasticidad de 29,98 % a 11,75 % y del índice de plasticidad de 29,98 % a 11,75 % por lo tanto disminuyendo el índice de plasticidad en un 60,81%”,y finalmente concluye: Mencionando que al aplicar

el agente estabilizante en cantidades variadas (1,5%, 2,5% y 3,5%) a la superficie del suelo en su forma natural, estabilizando la superficie del suelo con el fin de mejorar sus cualidades físicas y mecánicas a favor de un comportamiento más eficiente.

(Becerra Santillan, 2019), expuso la tesis titulada: estabilización de arcillas, arenas y afirmados, empleando los cementos Pacasmayo víaforte, mochica y qhuna; Lambayeque. 2018, el cual fija como objetivo general: Realizar el estudio de estabilización de arcillas, arenas y afirmados, planteando proporciones de los cementos Pacasmayo Víaforte, Mochica y Qhuna en la región Lambayeque al periodo 2018, obteniendo como resultado: “Las cualidades físicas y mecánicas de los suelos permitieron identificar el tipo de suelo al que pertenecían. Se hizo referencia a los mapas del INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil) del año 2003 sobre los tipos de suelos en la zona de Lambayeque, los cuales no están actualizados, ya que no coincidimos con el suelo especificado en el mapa geológico de la provincia de Lambayeque.”, y finalmente concluye: “Mediante el ensayo estándar para la resistencia a la compresión de cilindros de cemento de suelo moldeados se obtuvo que la adición en porcentaje del cemento Qhuna en comparación al cemento Mochica y ViaForte se obtiene resistencias mayores, eligiendo a dicho cemento como el mejor en resultados de resistencia en su comportamiento mecánico. En el caso de las arenas no existe un rango definido ya que al incorporar más porcentaje de cemento tienen aumentar su resistencia sin tendencia a bajar cabe recalcar que con adición del 7% de cemento cumplen con las exigencias mínimas requeridas según el MTC el cual es 18 kg/cm<sup>2</sup>.”

En las arcillas de Monsefú 2 se define un rango adecuado de estabilización entre 7% al 16%, Ferreñafe 2 y Pomalca un rango de 7% al 13%.



(Torres Lora, 2019), presentó la obra titulada: “Correlación del límite de contracción y la actividad coloidal en suelos arcillosos, la victoria – Lambayeque 2019”, el cual fija como objetivo general: “Determinar la correlación del límite de contracción y la actividad coloidal en suelos arcillosos”, obteniendo como resultado: “Con respecto a la actividad coloidal, se calculó con la relación del IP y el porcentaje inferiores que 2 micrómetros del ensayo de sedimentación, en las que obtiene actividades desde inactivas desde 0.39, normales de 0.75 a 1.25 y arcillas activas hasta 1.29.”, y finalmente concluyo: que se estaría confirmando la hipótesis de la investigación al realizar una correlación matemática. Demostrando que, existe una correlación entre el límite de contracción y la actividad coloidal en la zona de estudio, la cual es aplicable para el distrito de La Victoria, de acuerdo a la ecuación 18:  $y=0.0023x^3-0.1019x^2+1.4977x-6.3319$ , y se puede emplear para evaluar el suelo arcilloso ya sea para la construcción de edificación, como también en obras viales.

### **2.1.2. Antecedentes internacionales**

(Altamirano Navarro, y otros, 2018), presento la tesis de pregrado **titulado:** “Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí-Rivas”, el cual fija como **objetivo general:** Analizar los suelos cohesivos de las vías en la comunidad San Isidro del Pegón, municipio de Potosí departamento Rivas, empleando una mezcla de cal hidratada, empleando la **metodología:** En el presente trabajo se realizaron diversos ensayos para realizar un análisis de las propiedades de los suelos cohesivos, obteniendo como **resultado:** Luego de haber realizado el ensayo de la arcilla con baja plasticidad al realizar una adición del 6% cambia la granulometría al pasar de un suelo arcilloso arcilla a un suelo limoso limo, la MDS baja de un

2.004 g/cm<sup>3</sup> a un 1.944 g/cm<sup>3</sup>, el OCH se llega a incrementa de un 7.1% a un 9.6%, y finalmente **concluyo:** Afirma que al adicionar un 6% de cal se genera una disminución leve del rozamiento interno y el aumento de cohesión interna de las partículas.

(Hernández Lara, y otros, 2018), presenta su investigación **titulada:** “Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la universidad de El Salvado”, el cual fija como **objetivo general:** Realizar un análisis del comportamiento del suelo arcilloso al emplear cal en la subrasante del pavimentos rígidos en la Universidad de El Salvador, empleando la **metodología:** En la investigación se realizaron una serie de ensayos con el fin de realizar un estudio detallado y exhaustivo del suelo empleando una metodología cuantitativa, de nivel aplicado con un diseño experimental, obteniendo como **resultado:** Al realizar los ensayos con una dosificación del 5% de cal en función al peso se llega a reducir la plasticidad desde un valor de 45% hasta un 0%, y finalmente **concluyo:** Afirmando que emplear cal en un 5% llega a mejorar la capacidad del suelo volviéndolo más factible para el uso de subrasante del pavimento rígido.

(Parra Gomez, 2018), presenta su tesis **titulada:** “Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante”, el cual fija como **objetivo general:** Realizar un análisis de la estabilización química lograda al adicionar caolín al adicionar cal y ceniza en diversos porcentajes con el objeto de determinar un óptimo porcentaje de estabilizante, obteniendo como **resultado:** Al realizar la adición de la cal se mostró un aumento de la deformación en un 9.8% lo que limita la adición de cal, en el caso del esfuerzo máximo la dosificación del 4% presenta un mejor resultado, en los valores de rigidez y deformación se presentaron mejores

resultados con un 8% de dosificación, y finalmente **concluyo:** Afirmando que la adición de cal para la estabilización de suelos presenta resultados satisfactorios al aumentar la resistencia del suelo que pueden ser mejorados in-situ lo que reduce los costos económicos del proceso de construcción.

(Cañar Tiviano, 2018), presenta su investigación **titulada:** “Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón”, el cual fija como **objetivo general:** Evaluación de los resultados para el análisis de la resistencia a corte a los suelos arenosos y arcillosos evaluando de esta forma el comportamiento mecánico de estos suelos al adicionar ceniza de carbón, obteniendo como **resultado:** Al realizar ensayos con una dosificación del 25% de ceniza de carbón mejoro la resistencia del suelo arcilloso de un valor de 9.10% a un valor de 11.20% pero esta resistencia no es suficiente para ser empleada confiablemente como material de sub rasante, en el caso de los ensayos de CBR los suelos arenosos finos al realizar una dosificación del 25% se aumenta en un 4.6% mejorando así la resistencia en un 15.0% hasta un 19.60%, y finalmente **concluyo:** Mencionando que realizar una adición de ceniza de carbón mejora las propiedades físicas de los suelos arenosos y arcillosos aumentando la compacidad de los suelos arenosos y disminuyendo la humedad de las arcillas y requiriendo un porcentaje mayor de ceniza de carbono.

(Castillo Benites, y otros, 2021), presenta su investigación **titulada:** “Estabilización de suelos con uso de aditivos químicos del camino vecinal pampas de Cochaya, Olaya – Mache – Otuzco – La Libertad”, el cual fija como **objetivo general:** Realizar procesos de estabilización de suelos con el aditivo

químico en la estabilización de suelos del camino vecinal Otuzco – La libertad, obteniendo como **resultado:** Luego de realizar los ensayos para analizar las características físicas y mecánicas en caso de la M-01 se presenta un 47.27% de arena y un 1.19% de grava y un 51.60% de finos llegando a alcanzar un índice de plasticidad de 8.16, en caso de la M-02 se presentó un 47.73% de arena, un 1.05% de arena y un 53.105 de finos logrando un índice de plasticidad de 8.89,y finalmente **concluyo:** Afirma que al adicionar un 15% de cal en el diseño se logra disminuir el LL y de LP aumenta ligeramente, de esta forma se tienen como consecuencia el IP baja, los resultados de CBR del suelo natural aumenta en un 78.78% provocando la reducción del 25% en relación de la mezcla de suelo con adición de cal.

## **2.2. Bases teóricas o científicas**

### **2.1.1.1. Suelos**

Un recurso natural considerado renovable que puede reponerse mediante procesos naturales a un ritmo comparable o superior al del uso humano. Una fuente limitada y no renovable que se utiliza a lo largo del proceso de crecimiento económico y social. El uso inadecuado o irresponsable del suelo conduce en última instancia a un deterioro del medio ambiente que se traduce en una pérdida de biodiversidad o de potencial productivo. comprende minerales inorgánicos adquiridos en su mayor parte por la meteorización de los componentes orgánicos removidos y mejorados. Se trata de un mecanismo destinado a cerrar los ciclos materiales del resto de los ecosistemas terrestres. (2018).

### **2.1.1.2. Composición de suelos**

Los componentes del suelo pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos.

- **Sólidos.** Es el esqueleto mineral del suelo se compone principalmente de rocas, como silicatos, óxidos de hierro y de aluminio, carbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos, sólidos, como distintos tipos de humus. (2020)
- **Líquidos.** El agua abunda en el suelo, aunque no siempre en estado puro (como en los embalses), sino cargada de iones y sales y diversos compuestos orgánicos. El agua en el suelo viaja por capilaridad (como una bombilla), dependiendo de la permeabilidad del suelo, y transfiere numerosas cosas de un nivel a otro. (2020)
- **Gaseosos.** El suelo incluye numerosos gases atmosféricos como el oxígeno (O<sub>2</sub>) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), pero dependiendo de la composición del suelo, también pueden estar presentes hidrocarburos gaseosos como el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Los gases del suelo son enormemente variables. (2020)

### 2.1.1.3. Factores de formación suelo

**El clima:** El clima es quizá el componente que más influye en los demás elementos formativos. Actúa sobre el material parental porque determina el tipo y el grado de meteorización que se produce en vastas zonas geográficas. También influye en los seres vivos y, en cierta medida, en los parámetros de relieve y edad a través de su interacción con los procesos de erosión y deposición de los componentes del suelo. El agua de lluvia es una condición crítica para la meteorización del material parental y la formación del suelo. Para favorecer

correctamente el crecimiento del suelo, el agua no sólo debe entrar en el perfil y participar en los procesos de meteorización, sino que también debe recorrerlo y transferir los productos creados en estas interacciones. (Sanzano, 2019)

**b) Organismos vivos:** Este componente funciona como variable dependiente e independiente al mismo tiempo. Ya se ha señalado que depende del clima, pero también de las demás variables formativas. Funciona como variable independiente, por ejemplo, cuando aporta materia orgánica al suelo, entregando desechos orgánicos como ramas, hojas, semillas, frutos. La acumulación de materia orgánica, su descomposición biológica, el reciclaje de nutrientes y la estabilidad estructural son ejemplos de las actividades de los organismos del suelo. La vegetación también actúa como agente protector frente al impacto de las gotas de lluvia, reduce el ritmo de la escorrentía y la erosión y retrasa la eliminación de minerales de la superficie a las capas inferiores del subsuelo. Por otra parte, los ácidos orgánicos formados a partir de ciertas formas de hojarasca vegetal contienen hierro y aluminio en disolución que forman complejos que aceleran el flujo descendente de estos metales y su acumulación en el B. La principal población microbiana del suelo de los pastos es bacteriana, mientras que en los suelos forestales dominan los hongos. Esto afecta a la estabilidad de los agregados y al reciclaje de nutrientes. El horizonte E lavado y de color claro que aparece bajo los horizontes O y A en el perfil del suelo forestal es en gran parte producto de la descomposición

fúngica de la hojarasca ácida que cae sobre la superficie del suelo.  
(Sanzano, 2019)

- c) **Material originario:** El material parental influye mucho en las cualidades de los suelos jóvenes, como el color, la textura, la estructura, la mineralogía y el pH. Por ejemplo, un suelo puede heredar una textura arenosa de un material parental de granito o arenisca, ricos en cuarzo y resistentes al cambio. A su vez, la textura afecta a la permeabilidad del suelo, a la percolación del agua y, por tanto, a los procesos de transporte de partículas y nutrientes del suelo. La composición química y mineralógica del material parental determina tanto el ritmo de los procesos de meteorización química como la vegetación natural que se forma en ese suelo. Por ejemplo, la presencia de piedra caliza en el material de origen disminuirá el proceso de acidificación de los suelos que suele producirse en las zonas húmedas. Además, la flora que crece en este tipo de material crea hojarasca con niveles de calcio relativamente altos, lo que también ayuda a retrasar el proceso de acidificación y la formación del suelo. (Sanzano, 2019)
- d) **Relieve:** La disposición de la superficie terrestre (topografía) se caracteriza en términos de alturas relativas, pendientes y colocaciones en el paisaje de regiones minúsculas que pueden producir cambios sustanciales en los suelos que se encuentran en ella. La topografía es un factor de precipitación efectiva ya que influye sustancialmente en la interacción infiltración-escorrentía. También influye en la magnitud del impacto de la capa freática en la génesis del suelo. Los suelos permeables que se dan en lugares de baja pendiente (relieve subnormal

y llano) absorben y permean prácticamente toda la precipitación. En cambio, los suelos con relieve elevado absorben una ínfima parte del agua que cae y drenan el resto. Entonces, las depresiones y áreas bajas reciben agua adicional, subiendo el nivel de la capa freática y ocurriendo una génesis de suelo distinta a la que se esperaría para las precipitaciones de la región. El efecto de la relación entre el agua en el suelo y la génesis del mismo es más marcado en las regiones húmedas que en las regiones áridas. (Sanzano, 2019)

- e) **Tiempo:** El tiempo considerado como una función en la formación del suelo es realmente una variable independiente, ya que no se ve afectado por ningún otro componente ambiental. Es difícil de estimar con precisión, pero se han hecho esfuerzos para ello, por ejemplo, mediante estudios de laboratorio que evaluaron las duraciones de descomposición de diversas rocas, o por la tasa de creación de una unidad de profundidad de suelo, o por las fases de desarrollo del perfil del suelo. Aquí nos referiremos a la edad del suelo teniendo en cuenta esta última característica. El reloj de la formación del suelo empieza a correr, por ejemplo, cuando un corrimiento de tierras expone una nueva roca al medio en la superficie o cuando el desbordamiento de un curso de agua deposita una nueva capa de sedimentos en la llanura aluvial, o cuando un glaciar se funde y deja su carga de restos minerales. Este material original se encuentra en su periodo 0 de desarrollo, siendo sus propiedades las de dicho material. Aquí se inicia el proceso de evolución, es decir, comienza la actividad de las demás fuerzas



formadoras, y estamos en presencia de un suelo joven, sin que ello implique que tenga pocos años. (Sanzano, 2019)

- f) **El hombre:** En lugares donde la agricultura se ha practicado durante cientos o miles de años, es habitual que los residuos orgánicos de la dieta humana se añadan al suelo, lo que modifica enormemente sus propiedades. La presión de la población sobre los suelos periurbanos o incluso sobre los suelos rurales de naciones muy pobladas es cada día mayor. Las heces humanas, así como otros residuos generados por las actividades humanas, contribuyen a la creación de una fina capa de color oscuro, muy enriquecida en fósforo. El uso generalizado de las tierras agrícolas, ganaderas y forestales, así como la urbanización, han producido importantes cambios en la calidad del suelo. Muchos de estos cambios están bien reconocidos e incluyen la erosión, el drenaje, la salinización, el agotamiento o enriquecimiento de materia orgánica y nutrientes, la compactación y las inundaciones. Entre los principales procesos de degradación del suelo se encuentra la erosión hídrica, que es el desgaste de la superficie del suelo por la acción del agua de escorrentía, y que depende del clima (precipitaciones), el relieve, la heredabilidad del suelo y la gestión humana para la obtención de productos y servicios. También es significativo, especialmente en ambientes secos y semiáridos, el proceso de erosión eólica, que implica tanto la remoción y deposición de partículas del suelo por la acción del viento como los impactos abrasivos de las partículas en movimiento cuando son transportadas. (Sanzano, 2019)

#### 2.1.1.4. Salud del suelo

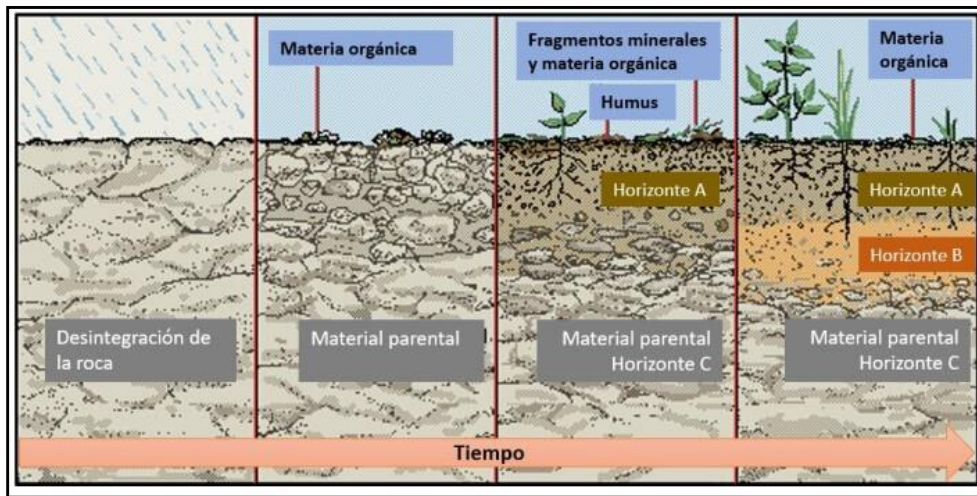
El suelo está compuesto por aire, agua, residuos descompuestos de las plantas, materia orgánica de organismos vivos y muertos, y minerales, como la arena, el limo y la arcilla. Típicamente, el incremento de la materia orgánica en el suelo mejora su salud, ya que la materia orgánica afecta varias de las funciones importantes del suelo. Los suelos sanos además son porosos, lo que permite que el aire y el agua se muevan libremente. Este equilibrio asegura un hábitat adecuado para los innumerables organismos del suelo que colaboran con el crecimiento de las plantas. (2018)

#### **2.1.1.5. Formación del suelo**

Según (Suelo, 2019) , que tenemos ahora, que es la consecuencia de miles de años de evolución. La palabra utilizada para describir la creación y evolución del perfil del suelo es pedagénesis. Diversas variables influyen en la formación del suelo, como:

- La materia prima.
- El clima
- Los seres vivos.
- La topografía.
- El tiempo.

**Figura 1:** Factores del suelo



**Fuente:** (Factores de Formación del Suelo, 2020)

**2.1.1.6. Suelos arcillosos**

Según (Mamani Barriga, y otros, 2017), muchos de los suelos arcillosos soportan alteraciones de humedad que tienden a existir ajustes de volumen. La creación de suelos arcillosos por algunos minerales activos como montmorillonita en grandes particiones y en baja o ninguna partición es clorita y vermiculita. Algunos de estos minerales no muestran activos tales como caolinitas e illitas, estos sin embargo llegan a contribuir a las amplias características de las superficies terrestres cuando exhiben números considerables.

**Tabla 1.** Características según la flexibilidad de la arcilla

Índice de Plasticidad	Característica
IP mayor a 20	Suelos demasiados arcillosos
20 mayor al IP mayor a 10	Suelos arcillosos
10 mayor al IP mayor a 4	Suelos bajos arcillosos
IP igual a cero	Suelos libres de arcilla

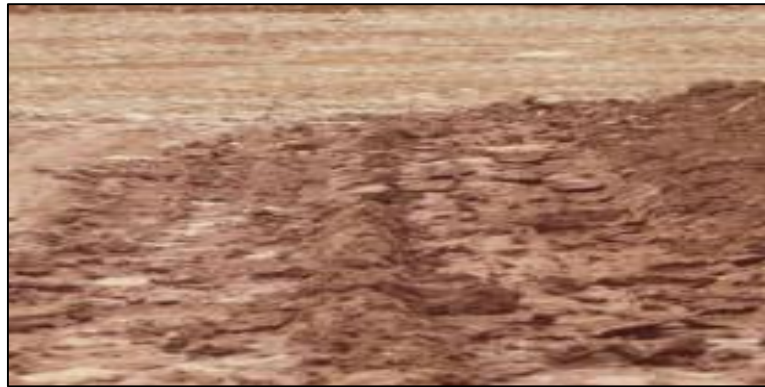
**Fuente:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de Materiales.

**Tabla 2.** Clasificación de suelos de acuerdo a la dimensión de partículas.

Tipo de material	Dimensión de partículas
Grava	75 mm – 2 mm
Arena	Arena gruesa: 2 mm – 0.2 mm
	Arena fina: 0.2 mm – 0.005 mm
Limo	0.005 mm – 0.0005 mm
Arcilla	No más de 0.005 mm

**Fuente:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de Materiales.

**Figura 2.** Suelo arcilloso.



**Fuente:** López Sumarriva, José Johel y Ortiz Pinares, Grelly– 2018.

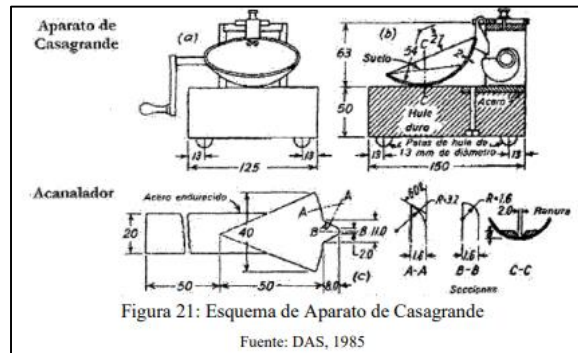
#### **2.1.1.7. Suelos limosos**

Según (Sowers, 1972), Es cualquier suelo de grano fino con un diámetro de partícula que oscila entre 0,0039 mm y 0,0625 mm con poca plasticidad.

#### **2.1.1.8. Límite líquido**

La ilustración esquemática emplea una copa de bronce y una base de goma resistente. Por lo tanto, la copa de bronce es la que se libera de la base mediante una manivela. Como consecuencia, la pasta se introduce en la copa para establecer el límite líquido. Se talla una ranura en el centro de la pasta en la superficie del suelo utilizando el típico instrumento de corte. A continuación, la copa se eleva y desciende desde una altura de 10 mm mediante la leva accionada por la manivela. El límite líquido es la proporción de agua que cierra la longitud de 12,7 mm en el fondo de la ranura a 25 golpes. (pág. 66)

**Figura 3.** El aparato de Casagrande.



**Fuente:** DAS, 1985.

### 2.1.1.9. Límite plástico

Es el límite en el que se muestra la plasticidad de la muestra mediante el enrollado de una muestra previamente preparada de 3,2 mm de diámetro. El límite inferior de la etapa plástica de la superficie terrestre también se conoce como límite plástico. La prueba simple consiste en enrollar continuamente una placa de vidrio sobre una masa de la superficie terrestre de forma elipsoidal. (pág. 67)

### 2.1.1.10. Límite de contracción

Son permanentes en la tierra. Sólo los suelos cohesivos pueden revelar estas características cuando se secan al horno. Entre estas pruebas se encuentra el límite de contracción, que consiste en medir el porcentaje de agua que cubre los huecos del suelo investigado, definir la proporción de huecos más baja y obtener el resultado mediante secado al horno. Esta prueba puede examinar el potencial de contracción en suelos cohesivos. Sin embargo, el coeficiente de contracción, que depende de la fluctuación de su cantidad de agua por encima de la LC, es otro aspecto. Por lo tanto, el cambio volumétrico, que es el cambio de masa representado como porcentaje del volumen seco, se calcularía disminuyendo la cantidad de agua. La CL también puede determinarse a partir de la humedad equivalente. La prueba

CL, que se ajustará al número entero más próximo, compara una dimensión especificada del suelo con una dimensión real disminuyendo la cantidad de humedad de la humedad comparable a la CL. Por último, la gravedad específica estimada, que se determina dividiendo el peso de la muestra secada al horno por el volumen real de partículas del suelo, puede calcularse mediante la prueba CV. (Torres Lora, 2019)

**Figura 4.** Cambio de Volumen de acuerdo al límite de contracción.

<b>Límite de contracción</b>	<b>Cambio de Volumen</b>
<b>Menor de 10</b>	<b>Crítico</b>
<b>10 a 12</b>	<b>Marginal</b>
<b>Mayor a 12</b>	<b>No crítico</b>
• <b>Criterio de W.T. Altweyer</b>	

**Fuente:** Criterio de W.T. Altweyer.

$$LC = \%W - \frac{Vi - Vf}{Ws} * 100$$

Donde:

*LC* = Límite de contracción

*Vi* = Volumen inicial de la pastilla

*Vf* = Volumen final de la pastilla

#### **2.1.1.11. Índice de plasticidad**

Las limitaciones de consistencia se establecen mediante experimentos de laboratorio muy básicos que indican el carácter de determinados suelos cohesivos. Los ingenieros suelen utilizar estas pruebas para relacionar numerosos elementos físicos de la superficie terrestre y definirla. Cabe señalar que existe una línea denominada línea U en la parte superior de la línea A; la línea U se aproxima al límite superior de la relación entre el índice de plasticidad y el límite líquido para distintos tipos de suelos en los que se ha identificado hasta ahora. La fórmula para

la línea U es IP= 0,9 (LL-8). La figura 05 muestra cómo se generan las demás fórmulas a partir de la tabla de plasticidad de Casagrande. (pág. 67)

**Figura 5.** Potencial de expansión de acuerdo al IP.

Potencial de expansión	Índice de Plasticidad
Muy alto	Mayor a 10
Alto	20-55
Medio	10-35
Bajo	0-15
*Chen 1988	

**Fuente:** Criterio de Chen, 1988.

$$IP = LL - LP$$

Donde:

LL = Límite Líquido

LP = Límite Plástico

**Tabla 3.** Característica de subrasante según IP

Índice de plasticidad	Plasticidad	Característica
IP>20	Alta	Suelos muy arcillosos.
7<IP<20	Media	Suelos arcillosos.
IP<7	Baja	Suelos pocos arcilloso.
IP=0	No plástica	Suelos exentos de arcilla.

**Fuente:** Ministerio de transportes y comunicaciones.

### 2.1.1.12. Índice de Liquidez

Según (Braja M. Das, 2015), La consistencia relativa de un suelo cohesivo en su forma natural se describe mediante la siguiente afirmación:

$$IL = \frac{W - LP}{LL - LP}$$

Donde:

W = Contenido de Agua in situ del suelo

LP = Límite plástico

LL= Límite líquido

**Tabla 4. Comportamiento del suelo según el Índice de liquidez**

<b>IL</b>	<b>COMPORTAMIENTO DEL SUELO</b>
<b>Menor a 0</b>	Demostrará fractura rígida al ser sometido a corte, porque el contenido natural de humedad $w_n$ es menor que el límite plástico LP. En este caso el suelo estará en estado sólido a semi sólido.
<b>0-1</b>	Como un plástico. Rango que comprende la mayoría de las arcillas en estado natural.
<b>Mayor a 1</b>	Será esencialmente un líquido muy viscoso cuando se somete a corte, porque el contenido natural de humedad $w_n$ es mayor que el límite líquido LL. Tales suelos pueden ser extremadamente sensibles al colapso de la estructura del suelo. Mientras no sean alterados de manera alguna pueden ser relativamente fuertes, pero si por alguna razón son sometidos a corte (remoldeo) y la estructura del suelo colapsa, entonces literalmente pueden fluir como un líquido viscoso. Hay depósitos de arcillas ultra sensibles (licuables o rápidas) en Canadá oriental y Escandinavia
<b>* ASTM D4318</b>	

**Fuente:** Elaboración Propia

### 2.1.1.13. Índice de Contracción

Según (Ranganathan y Stayanarayana, 1965) “Es la diferencia entre el límite líquido y el límite de contracción.”

$$IC = LL - LC$$

Donde:

LL = Límite líquido

LC= Límite de contracción

**Tabla 5. Hinchamiento potencial**

Ranga - Nathan	
<b>Ic</b>	<b>Hinchamiento Potencial</b>
0 - 20	Bajo
20 - 30	Medio
30 - 60	Alto
> 60	Muy alto

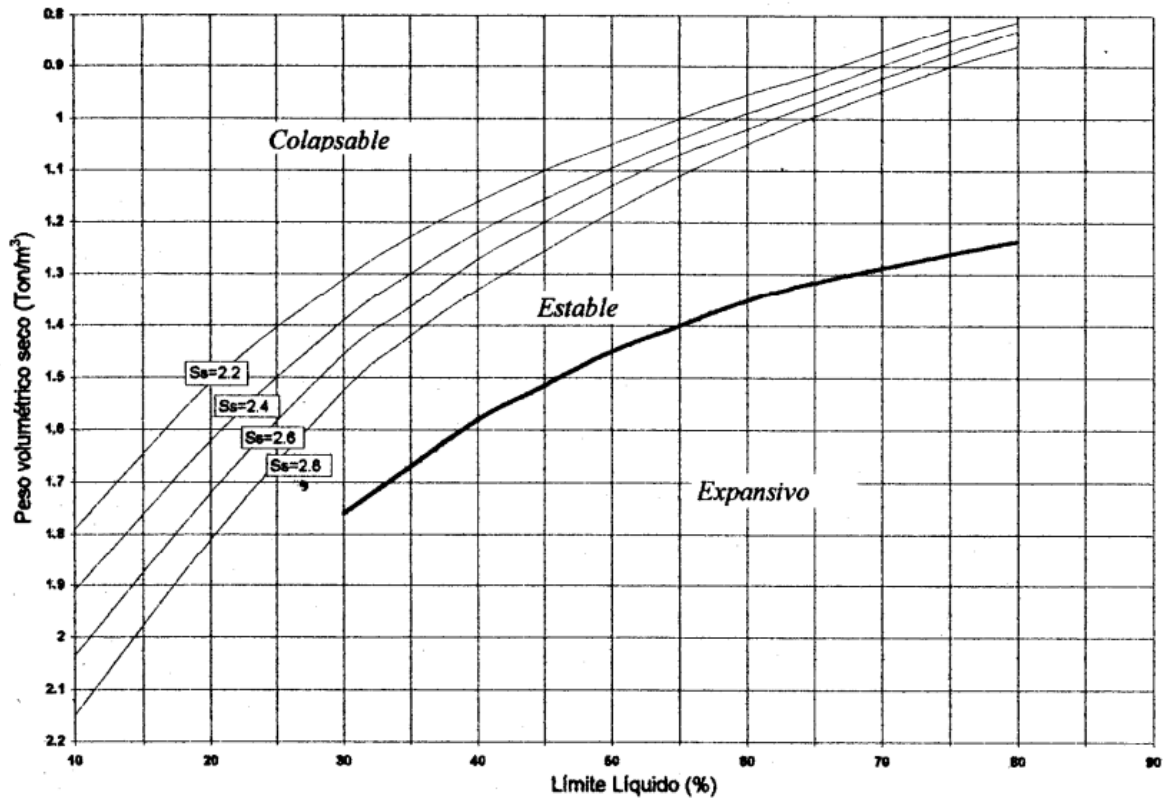
**Fuente:** Ranganathan y Stayanarayana, 1965

### 2.1.1.14. Densidad – Criterio de Bureau of Reclamation

De acuerdo al valor de Peso volumétrico seco obtenido según el ensayo de Proctor modificado, se puede establecer una correlación respectiva para determinar la ubicación de la zona correspondiente.

**Figura 6.** Abaco de Bureau of Reclamation.





Fuente: Bureau of Reclamation, 1965

### 2.3. Marco conceptual

#### a. Arcilla

Las arcillas son agregados de partículas de tamaño microscópico y submicroscópico que proceden de la desintegración química de componentes rocosos. Este tipo de suelo tiene una naturaleza plástica y un amplio rango de humedad. Además, las arcillas en estado presentan una elevada rigidez para comprender el comportamiento, que depende de la composición mineralógica y la microfabricación. (Escobar Sulca y otros, 2020)

#### b. Cemento

Los cementos son materiales que endurecen tanto en el aire como en el agua y, una vez cementados, son aglomerados resistentes a la acción del agua.

Están formados principalmente por mezclas de óxido de calcio con sílice, alúmina y óxido de hierro.

Deben cumplir los requisitos establecidos para este tipo de materiales, sobre todo en cuanto a resistencia y estabilidad de volumen. La materia prima o, al menos, los componentes principales deben calentarse hasta alcanzar, como mínimo, la fusión parcial. (Becerra & Herrera, 2019)

**c. Comportamiento volumétrico**

“Estudia la expansión o colapso de suelos dependiendo de la carga aplicada cuando se disminuye la succión”. (Barrera Bucio, y otros, 2004)

**d. Densidad**

“La densidad aparente suele variar entre 110 y 430 kg/m<sup>3</sup>, aunque los valores más comunes con los valores medios de estos intervalos.” (Barrera Bucio, y otros, 2004)

**e. Humo de sílice**

“Es un producto inorgánico constituido por las partículas esféricas de gran finura que se origina en la reducción del cuarzo con carbón.” (Barrera Bucio, y otros, 2004)

**f. Limo**

“Es cualquier suelo de grano fino con un diámetro de partículas que varía de 0.0039mm a 0.0625 mm con baja plasticidad.” (Sowers, 1972)

**g. Suelo**

El suelo, una formación superficial fina en relación al espesor de la corteza terrestre, constituye un auténtico biorreactor de intercambio entre la litosfera, la biosfera y la atmósfera. (El papel primordial del suelo, 2021)

**h. Tamaño de las partículas**

“El humo de sílice consiste en partículas esféricas muy finas con una superficie específica del orden de 20.000 m<sup>2</sup>/kg. La distribución del tamaño de las partículas de un humo de sílice típico indica que la mayoría de las mismas son menores de 1 μm.” (2021)

**i. Compactación**

“Proceso por el cual se considera aumentar las cualidades de resistencia de un suelo que se va a utilizar para la construcción de carreteras.” (Astorayme Salazar, y otros, 2021)

## **CAPÍTULO III**

### **HIPÓTESIS**

#### **3.1.1. Hipótesis general**

Los cambios volumétricos en arcillas y limos mediante la adición de humo de sílice y cemento inciden significativamente en la plasticidad, contracción y densidad del suelo.

#### **3.1.2. Hipótesis específica**

- a) Existen diferencias significativas en las medias de los datos de consistencia de las muestras de arcilla y limo al emplearse cemento y humo de sílice.
- b) Existen diferencias significativas en las medias de los datos de retracción de las muestras de arcilla y limo al emplearse cemento y humo de sílice.
- c) Existen diferencias significativas en las medias de los datos de densidad de las muestras de arcilla y limo al emplearse cemento y humo de sílice.

### **3.2. Variables**

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

##### **a) Variable independiente (X)**

**Cemento y Humo de Sílice**

Según (Jacinto Yovera, 2021), la micro sílice (o humo de sílice) suele definirse como una "super puzolana", asimismo considerar al cemento como una puzolana obtenida de procesos industriales.

**b) Variable dependiente (Y)**

**Variación Volumétrica**

Según (Alva Figueroa, 2019), La posibilidad de tener suelos que pueden mostrar un comportamiento expansivo o colapsable, o incluso mezclar dos fenómenos en el mismo proceso de humectación, si las fuerzas externas son suficientemente fuertes o mínimas. Las deformaciones del suelo que se toman en consideración incluyen tanto aspectos recuperables como irrecuperables.

**c) Variable interviniente (Z)**

**Arcillas y Limos**

“Las arcillas son agregados de partículas microscópicas y submicroscópicas derivadas de la descomposición química de los constituyentes de la roca.”

(Escobar Sulca y otros, 2020)

Asimismo, los limos, se definen como “cualquier suelo de grano fino con un diámetro de partículas que varía de 0.0039mm a 0.0625 mm con baja plasticidad.” (Sowers, 1972)

**3.2.2. Definición operacional de la variable**

**a) Variable independiente (X)**

**Humo de Sílice y Cemento**

Dimensiones:

- ✓ D1: Densidad
- ✓ D2: Grado de Acidez.
- ✓ D3: Dosificación.

**b) Variable Dependiente (Y)**

**Cambio Volumétrico**

Dimensiones:

- ✓ D1: Consistencia del Suelo.
- ✓ D2: Contracción del suelo.
- ✓ D3: Densidad del suelo.

**c) Variable Interviniente (Z)**

**Arcillas y Limos**

Dimensión:

- ✓ D1: Clasificación

### 3.2.3. Operacionalización de variables

*Tabla 6. Operacionalización de variables.*

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Variable independiente: Humo de Sílice y cemento	Según (Jacinto Yovera, 2021), la micro sílice (o humo de sílice) suele definirse como una "super puzolana", asimismo considerar al cemento como una puzolana obtenida de procesos industriales.	La adición de humo de Sílice y Cemento, aseguran una fuerte variación en cuanto a las propiedades físicas del suelo"	Densidad	gr/cm <sup>3</sup>	M/v
			Dosificación	Optimo Porcentaje	Suelo natural + Adición
Variable dependiente: Cambio volumétrico	Según (Alva Figueroa, 2019), La posibilidad de tener suelos que pueden mostrar un comportamiento expansivo o colapsable, o incluso mezclar dos fenómenos en el mismo proceso de humectación, si las fuerzas externas son suficientemente fuertes o mínimas. Las deformaciones del suelo que se toman en consideración incluyen tanto aspectos recuperables como irrecuperables.	Los cambios en las propiedades físicas generan directamente estabilidad a cambios por efectos de humedad	Consistencia del suelo	Plasticidad y/o consistencia relativa	IL e IP
			Contracción del suelo	Índice de contracción en suelos	Ic
			Densidad del suelo	Peso unitario seco	Proctor
Variable interviniente: arcillas y limos	Las arcillas son agregados de partículas microscópicas y submicroscópicas derivadas de la descomposición química de los constituyentes de la roca. (Escobar Sulca y otros, 2020) Asimismo, los limos, se definen como cualquier suelo de grano fino con un diámetro de partículas que varía de 0.0039mm a 0.0625 mm con baja plasticidad. (Sowers, 1972)	Las arcillas y limos se consideran suelos finos y cohesivos.	Clasificación	Según composición	Silicatos

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 4.1. Método de investigación

Según (Gonzalez Vera, y otros, 2020), “la investigación es un enfoque científico ante la investigación, ya que este manipula una o varias variables dependiente o independiente, para poder medir su efecto a través de las diferentes formas de experimentar de estos.”

El objetivo de esta investigación es investigar los efectos para determinar los cambios volumétricos causados por la adición gradual de humo de sílice y cemento.

De acuerdo con estas consideraciones, la investigación actual empleó el *método cuantitativo*.

#### 4.2. Tipo de investigación

Según, (Risso Gauchi, 2017), “La investigación científica engloba una variedad de modelos y métodos matemáticos que brindan apoyo científico para la toma de decisiones; estudia el modelo de sistema probabilístico y determinístico.



La experimentación de conocimientos y referentes se utilizaron para evaluar las variaciones volumétricas en la presente investigación.”

De acuerdo con estas consideraciones, la investigación actual empleó el tipo *aplicado*.

#### **4.3. Nivel de la investigación**

Según (Sánchez Carlessi, y otros, 2018), este menciona que la investigación explicativa se enfoca en definir lo que sucedió en un fenómeno y las condiciones en las que se presenta, ya que estas están relacionadas con dos o más variables. También buscan la causa del problema utilizando la relación causa-problema.

La investigación tiene como objetivo demostrar los resultados de la experimentación con la adición de humo de sílice y cemento a suelos arcillosos y limosos, así como describir cómo la variación causada por la adición de con el cambio volumétrico en los suelos.

De acuerdo con estas consideraciones, la investigación actual es de *nivel explicativo*.

#### **4.4. Diseño de la investigación**

De acuerdo a (Hernández Sampieri, y otros, 2014) “la investigación experimental hace referencia a la manipulación intencional una o más variables independientes, con el objeto de análisis los efectos que se tiene sobre una o más variables dependientes. Por medio de la observación del investigador.” (pág. 129)

En esta investigación, evaluaremos la variación volumétrica gradual de los suelos arcillosos y limosos agregando agentes estabilizadores como cemento y humo de sílice.

Según el análisis, el diseño de investigación será *diseño experimental*.

## **4.5. Población y muestra**

### **4.5.1. Población**

Según (Arias Odón, 2012) “la población objetivo es un número limitado o infinito de elementos que ofrecen rasgos comunes por los que son extensivos para el estudio.” (pág. 81)

En ese sentido la población para esta investigación corresponde a *01 muestra de suelo arcilloso del anexo de Cochas chico-El tambo y 01 muestra de suelo limoso del sector de 3 de diciembre.*

### **4.5.2. Muestra**

De acuerdo a (Arias Odón, 2012) “la muestra hace referencia a un subconjunto que es representativo y finito, que se extrae de la población accesible.” (pág. 83)

En ese sentido la muestra para esta investigación corresponde a:

- *suelo natural (arcilla / limo)*
- *suelo natural (arcilla / limo) + 2% de cemento + 1% de sílice*
- *suelo natural (arcilla / limo) + 2% de cemento + 2.5% de sílice.*

## **4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **4.6.1. Técnicas**

(Vásquez Vélez, 2011) indica que “las técnicas se consideran una combinación de modos, procedimientos, recursos, procesos, formas y técnicas que se utilizan

para recopilar, almacenar y organizar toda la información e investigación creadas.”

Se tomaron en cuenta las normas de laboratorio para obtener información.

**a) Análisis de documentos**

Se utilizaron documentos para apoyar el estudio, especialmente los resultados de laboratorio.

**b) Pruebas estandarizadas de laboratorio:**

✓ **GRANULOMETRIA DE SUELOS POR TAMIZADO – MTC E107**

Para determinar el tamaño de las partículas del suelo, se realizó un análisis granulométrico.

Equipos y/o materiales:

- Balanzas; sensibilidad 0.01gr y 0.1% del peso
- Estufa
- Tamices

Procedimiento:

- ✓ Se debe recolectar una muestra de suelo y cuartearla. Utilizar el método de sedimentación para realizar el análisis granulométrico de la fracción fina, luego realizar el análisis granulométrico de la fracción retenida en el tamiz número 4, anotando los pesos para su posterior calculo.

✓ **ANALISIS DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS – MTC E110**

La determinación del límite líquido de suelos es una parte integral para los sistemas de clasificación SUCS y AASHTO.

Equipos y/o materiales:

- Aparato Casagrande
- Acanalador
- Balanzas; sensibilidad 0.01gr
- Recipientes para secado
- Estufa
- Tamiz número 40.

Procedimiento:

Utilizar la malla número 40 para recolectar una muestra de suelo previamente tamizado. Coloque la muestra sobre una copa de bronce y acanale suavemente hasta que se forme una ranura en el centro. Gire la manivela para contar los números de golpes necesarios para juntar las dos partes de la muestra. Extraiga la muestra y seque para determinar la humedad. Luego, anote los pesos para su posterior cálculo.

✓ **ANÁLISIS DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) – MTC E111**

La determinación de la prueba del límite plástico es crucial para los sistemas de clasificación.

Equipos y/o materiales:

- Espátula
- Tara para mezcla
- Vidrio esmerilado
- Agua destilada
- Balanzas; sensibilidad 0.01gr
- Recipientes para secado
- Estufa

- Tamiz número 40.

Procedimiento:

Utilizar la malla número 40 para recolectar una muestra de suelo previamente tamizado. Se hace una muestra representativa en forma de bola, luego se hacen barras de 3.2 mm de espesor sobre el vidrio y se colocan dentro de recipientes de secado para medir la humedad. Luego se anotan los pesos para su posterior cálculo.

✓ **ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE CONTRACCIÓN DE LOS SUELOS – MTC E112**

Los límites líquido, plástico y de contracción son a menudo definidos como los límites Atterberg, sus respectivos contenidos de humedad distinguen las fronteras de los varios estados de consistencia de suelos cohesivos

Equipos y/o materiales:

- Espátula
- Tara para mezcla
- Agua destilada
- Balanzas; sensibilidad 0.01gr
- Recipientes para secado
- Estufa
- Tamiz número 40.
- Plato para contracción.
- Placa de vidrio con tres patas.
- Recipiente profundo.
- Mercurio.

Procedimiento:

Se obtiene una muestra representativa, se crea una pastilla para adquirir la humedad, se evalúan los volúmenes mediante la aplicación de mercurio para después calcular el Límite de Contracción.

✓ **PROCTOR MODIFICADO – MTC E115**

La prueba permite identificar la conexión entre el contenido de agua y el peso seco unitario de los suelos (curva de compactación), para la presente investigación se decidió realizar mediante la técnica A.

Equipos y/o materiales:

- Molde de 4”
- Pisón
- Tara para mezcla
- Balanzas; sensibilidad 0.01gr y 0.1% de peso
- Recipientes para secado
- Estufa

Procedimiento:

Obtenga una muestra de suelo previamente tamizada. Combínela con varios porcentajes de agua y déjela reposar con cuidado para minimizar la pérdida de humedad. A continuación, lleve a cabo la construcción del molde completo, llene el molde con la muestra preparada, comprímala según la técnica, enrasede y pésele.

A continuación, retire la muestra comprimida y determine el contenido de humedad.

#### **4.6.2. Instrumentos**

Para esta investigación, se utilizaron fichas de laboratorio para ensayos según las normas del MTC.

#### 4.7. Técnica de Procesamiento y análisis de datos

De acuerdo con Giraldo Huertas (2016), exhibe que: “El objetivo del tratamiento de la información es generar datos agrupados y organizados que permitan al investigador estudiarlos de acuerdo con los objetivos, las hipótesis y las preguntas de investigación planteadas.”

En ese sentido, en primer lugar, se procedió al muestreo de los suelos (arcilla y limo), lo cuales fueron obtenidos de la zona de Cochas Chico.

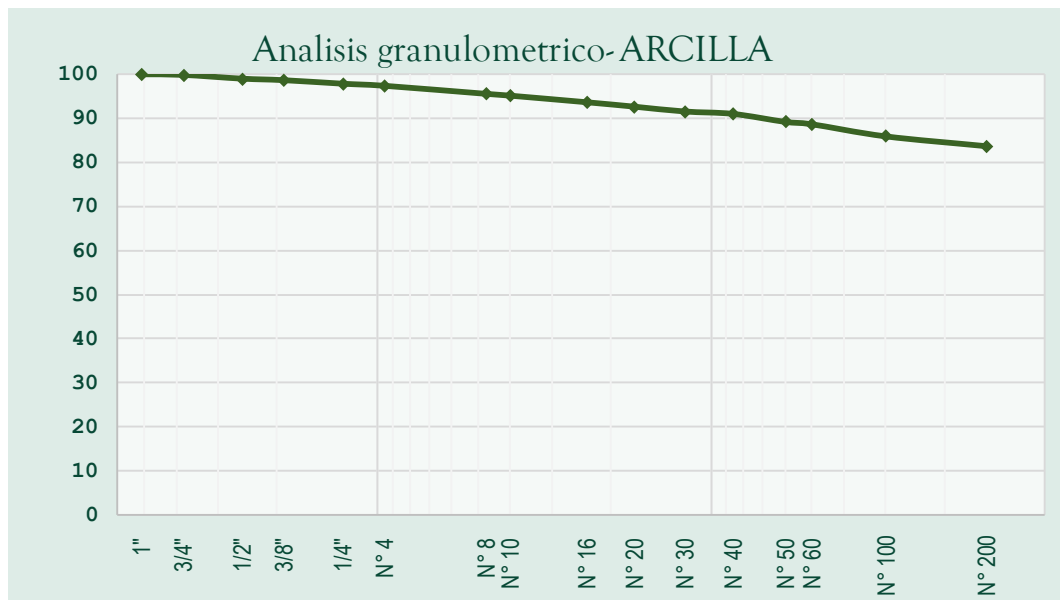
Posteriormente, se determinó las propiedades de las muestras de arcilla y de limo, en ese sentido en la siguiente tabla los resultados del análisis granulométrico, donde se puede apreciar que en ambas muestras predominan las partículas finas. En el caso de la arcilla se presenta un 2.59% de grava, un 13.65% de arena y 83.76% de partículas finas, mientras que en el limo se presenta un 7.31% de grava, un 12.46% de arena y 80.23% de partículas finas.

**Tabla 7:** Análisis granulométrico de la arcilla y del limo, muestra patrón.

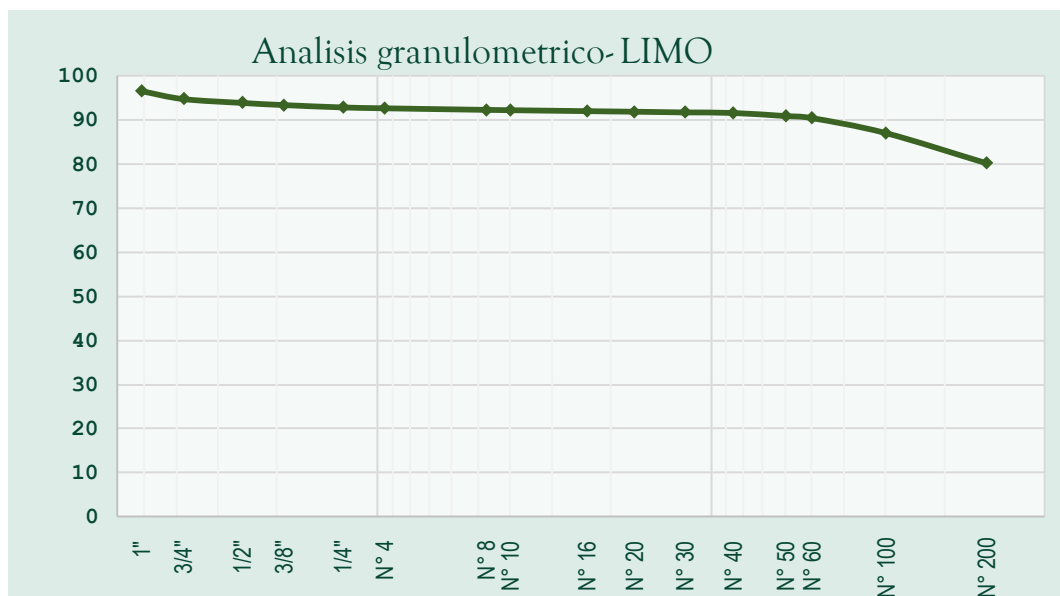
Tamiz	% partículas pasantes	
	Arcilla	Limo
2"	100.0	100.100
1 1/2"	100.0	96.59
1"	100.0	96.59
3/4"	99.87	94.79
1/2"	99.02	93.91
3/8"	98.68	93.42
1/4"	97.88	92.89
N° 4	97.41	92.69
N° 8	95.59	92.33
N° 10	95.18	92.26
N° 16	93.69	92.04
N° 20	92.70	91.91

N° 30	91.60	91.75
N° 40	91.06	91.63
N° 50	89.25	90.93
N° 60	88.72	90.47
N° 100	85.98	87.07
N° 200	83.76	80.23

Se obtuvieron las curvas granulométricas de las muestras de arcilla y limo, que se muestran en las figuras siguientes.



**Figura 7:** Curva granulométrica de la arcilla, muestra patrón.



**Figura 8:** Curva granulométrica del limo, muestra patrón.



Además, se determinaron la plasticidad y consistencia de las muestras de arcilla y limo, así como los resultados de Proctor modificados y el grado de acidez y/o alcalinidad.

**Tabla 8:** Plasticidad y consistencia de la arcilla y del limo, muestra patrón.

Propiedad	Arcilla	Limo
Límite líquido	24.78	40.14
Límite plástico	12.71	29.24
Límite de contracción	8.00	17.00

**Tabla 9:** MDS y OCH de la arcilla y del limo, muestra patrón.

Propiedad	Arcilla	Limo
Máxima densidad seca	1.810	1.871
Óptimo contenido de humedad	13.99	12.69

**Tabla 10:** Grado de acidez y/o alcalinidad de la arcilla y del limo, muestra patrón.

Propiedad	Arcilla	Limo
PH	11	11.2

De los resultados de plasticidad alcanzados, se procedió al cálculo de los índices de plasticidad, de los índices de liquidez y los índices de retracción.

**Tabla 11:** Índice de plasticidad, de liquidez y de retracción de la arcilla y del limo, muestra patrón.

Propiedad	Arcilla	Limo
Índice de plasticidad	12.07	10.90
Índice de liquidez	-0.31	-2.04
Índice de retracción	4.70	12.2

Consecuentemente, se afectó a las muestras patrones de arcilla y de limo, con los porcentajes de cemento y de sílice, especificados en el acápite 3.5.2. Realizándose nuevamente los ensayos pertinentes, para determinar las propiedades ya

mencionadas. Alcanzándose los resultados siguientes, presentados en la tabla posterior.

**Tabla 12:** Resumen de resultados de la arcilla, muestra con cemento y sílice.

Propiedad	Arcilla	
	2% cemento + 1% sílice	2% cemento + 2.5% sílice
Límite líquido	24.13	16.98
Límite plástico	13.11	10.77
Límite de contracción	7.5	5.5
Índice de retracción	5.6	5.3
Índice de plasticidad	11.01	6.21
Índice de liquidez	-0.37	-0.29
Densidad seca	1.781	1.765
Ph	11.4	11.6

**Tabla 13:** Resumen de resultados del limo, muestra con cemento y sílice.

Propiedad	Limo	
	2% cemento + 1% sílice	2% cemento + 2.5% sílice
Límite líquido	31.37	28.42
Límite plástico	26.65	23.98
Límite de contracción	15.2	13.0
Índice de retracción	11.5	11.0
Índice de plasticidad	4.72	4.43
Índice de liquidez	-4.16	-3.83
Densidad seca	1.838	1.808
Ph	11.4	11.4

#### 4.7.1. Técnicas y análisis de datos

Para el tratamiento y análisis de los datos se utilizaron estadísticas descriptivas y estadísticas inferenciales con el fin de cumplir los objetivos de este estudio. La estadística descriptiva se empleó en el proceso de almacenar y ordenar los datos, asimismo en la realización de tablas y/o figuras, para así calcular las medidas de tendencia central o dispersión en los conjuntos de datos. Por otro lado, se empleó la estadística inferencial al analizar los datos por medio de uso de métodos

estadísticos, con el fin de obtener conclusiones en base a la muestra estadística. Teniendo en consideración el grado de confiabilidad y/o el grado de incertidumbre.

En ese sentido, en el análisis se ha considerado utilizar la cantidad mínima de experimentos, suficientes para satisfacer las expectativas de la investigación. Los cuales consideraron los límites de Atterberg (límite líquido, límite plástico y límite de contracción) para el cálculo de los índices de plasticidad, liquidez y retracción y finalmente la densidad seca, tales ensayos se desarrollaron de acuerdo a las normas NTP vigentes.

Por otro lado, para el desarrollo de la estadística inferencial (prueba de hipótesis) se hizo uso del software SPSS, donde se estableció el estadístico de prueba mediante la siguiente manera. En primer lugar, se comprobó si los grupos de datos son paramétricos o no, empleando el estadístico Shapiro Wilk, puesto que la cantidad de datos no supera a los 50. Planteándose así, las siguientes hipótesis:

**Ho:** “La normalidad corresponde a datos paramétricos.”

**Hi:** “La normalidad corresponde a datos no paramétricos.”

Se puede observar en las tablas siguientes que las significancias o p-valor (a una confiabilidad del 95%) son en su totalidad superior a 0.05 para los datos de arcilla y limo, lo que se traduce en que los datos corresponden a una distribución paramétrica, es decir que son datos paramétricos.

**Tabla 14:** Estadístico de Shapiro Wilk para datos de las muestras de arcilla.

Propiedad	Muestra	Estadístico	gl	Sig.
Índice de plasticidad	Patrón	0.842	3	0.220
	+2.0% cemento + 1.0% sílice	0.915	3	0.433
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	0.992	3	0.832
	Patrón	0.851	3	0.244

Índice de liquidez	+2.0% cemento + 1.0% sílice	0.862	3	0.274
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	0.830	3	0.189
Límite de contracción	Patrón	0.855	3	0.253
	+2.0% cemento + 1.0% sílice	0.855	3	0.253
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	0.964	3	0.637
Índice de retracción	Patrón	0.983	3	0.747
	+2.0% cemento + 1.0% sílice	0.893	3	0.363
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	0.992	3	0.826
Densidad seca	Patrón	0.842	3	0.220
	+2.0% cemento + 1.0% sílice	0.916	3	0.439
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	0.993	3	0.843

**Tabla 15:** Estadístico de Shapiro Wilk para datos de las muestras de limo.

Propiedad	Muestra	Estadístico	gl	Sig.
Índice de plasticidad	Patrón	0.842	3	0.220
	+2.0% cemento + 1.0% sílice	0.964	3	0.637
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	0.992	3	0.833
Índice de liquidez	Patrón	0.996	3	0.886
	+2.0% cemento + 1.0% sílice	0.942	3	0.537
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	0.995	3	0.868
Límite de contracción	Patrón	0.942	3	0.537
	+2.0% cemento + 1.0% sílice	0.987	3	0.780
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	1.000	3	1.000
Índice de retracción	Patrón	0.976	3	0.702
	+2.0% cemento + 1.0% sílice	0.893	3	0.363
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	0.923	3	0.463
Densidad seca	Patrón	0.915	3	0.433
	+2.0% cemento + 1.0% sílice	0.964	3	0.637
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	0.842	3	0.220

A continuación, se especifica el estadístico que debe emplearse, como el ANOVA de un factor si existe homogeneidad de varianzas o la prueba de Welch si no existe homogeneidad de varianzas. El objetivo de estas pruebas es verificar si las medias varían sustancialmente entre sí. En este sentido, el estadístico de Levene estableció la presencia de homogeneidad de varianzas en los datos, y se plantearon los siguientes supuestos:

**H<sub>0</sub>:** “Existe homogeneidad de varianzas entre los datos.”

**Hi:** “No existe homogeneidad de varianzas entre los datos.”

Se logra apreciar que en las tablas siguientes que las significancias son en su totalidad superior a 0.05 para los datos de arcilla y limo, esto quiere decir que entre los datos si existe homogeneidad de varianzas.

**Tabla 16:** Estadístico de Levene para datos de las muestras de arcilla.

Propiedad	Estadístico	gl1	gl2	Sig.
Índice de plasticidad	2.031	2	6	0.212
Índice de liquidez	1.477	2	6	0.301
Límite de contracción	1.624	2	6	0.273
Índice de retracción	1.383	2	6	0.321
Densidad seca	1.616	2	6	0.274

**Tabla 17:** Estadístico de Levene para datos de las muestras de limo.

Propiedad	Estadístico	gl1	gl2	Sig.
Índice de plasticidad	1.755	2	6	0.251
Índice de liquidez	0.453	2	6	0.656
Límite de contracción	3.113	2	6	0.118
Índice de retracción	0.077	2	6	0.927
Densidad seca	1.042	2	6	0.409

Habiéndose definido los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se puede establecer que el estadístico para la prueba de hipótesis será el ANOVA de un factor para muestras independientes, para todas las propiedades analizadas.

#### **4.8. Aspectos éticos de la investigación**

Según lo mencionado por Espinoza, (2020) “La investigación con un enfoque cuantitativo incluye componentes técnicos en los que se mantiene el bienestar de los animales, objetos y personas que viven y se encuentran dentro del área de estudio sin perturbar su desarrollo natural, por lo tanto, durante todo el proceso de adquisición de información para la investigación.”

En la investigación se asegura el bienestar de los agentes involucrados dentro de un área de estudio al no provocar algún cambio significativo en su entorno de desarrollo. Además, la información recolectada fue citada de acuerdo a las normas para no transgredir los derechos del autor que se fueron a mencionar por el autor dando así legitimidad a los autores de las investigaciones.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

#### **5.1.Consistencia del suelo**

La consistencia del suelo (arcilla o limo) se estableció a través del índice de plasticidad (IP) e índice de liquidez (IL). El IP fue calculado en conformidad a la NTP 339.129, como la diferencia del límite líquido y el límite plástico ( $IP=LL-LP$ ) mientras que la IL fue calculado como la relación entre la diferencia de la humedad y el límite líquido con el índice de plasticidad ( $IL=(\%W-LL)/IP$ ).

Consecuentemente, los valores obtenidos de IP se muestran en la **Tabla 18** para los suelos de arcilla y de limo, lográndose observar que, la muestra patrón de arcilla presenta IP igual a 12.07%, mientras que las muestras con cemento y sílice presenta IP igual a 11.02% al emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y presenta IP igual a 6.21% al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice. Asimismo, se puede apreciar que, la muestra patrón de limo presenta IP igual a 10.90%, mientras que las muestras con cemento y sílice presenta IP igual a 4.72% al emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y presenta IP igual a 4.43% al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice.

**Tabla 18:** Índice de plasticidad de la arcilla y del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.

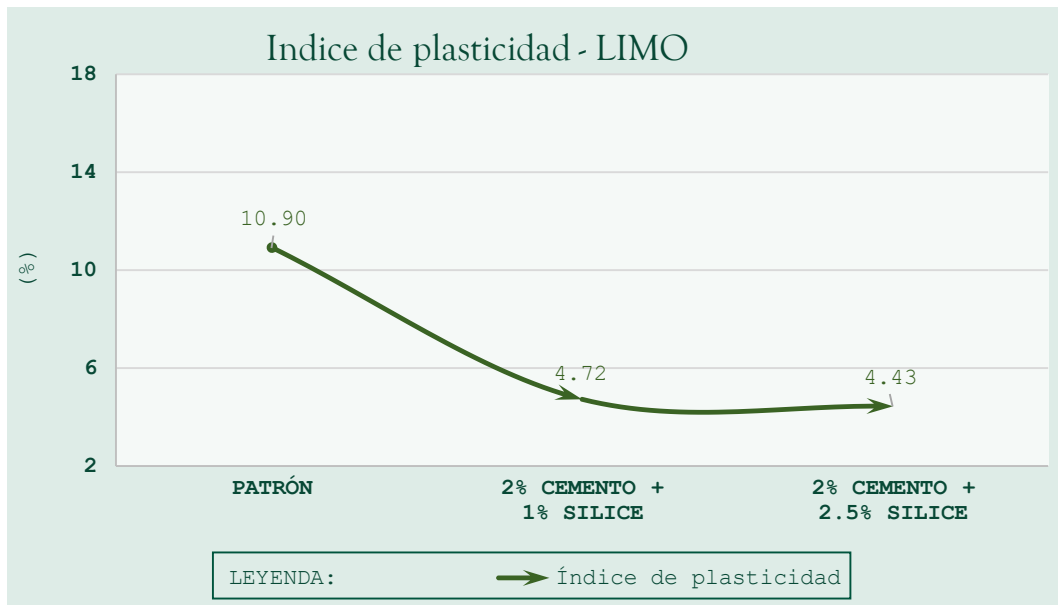
Suelo	Muestra	Índice de plasticidad (%)	Variación
Arcilla	Patrón	12.07	
	+2.0% cemento + 1.0% sílice	11.02	-8.70%
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	6.21	-48.55%
Limo	Patrón	10.90	
	+2.0% cemento + 1.0% sílice	4.72	-56.70%
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	4.43	-59.36%

En base a la tabla mostrada líneas arriba (**Tabla 18:** Índice de plasticidad de la arcilla y del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.**Tabla 18**), se elaboraron la **Figura 9** y **Figura 10** que muestran los datos expuestos de una forma gráfica, apreciándose claramente que el cemento + sílice generan que el IP de la arcilla y del limo disminuya de forma significativa, generando mayores resultados en las muestras con mayor dosis de cemento y sílice.



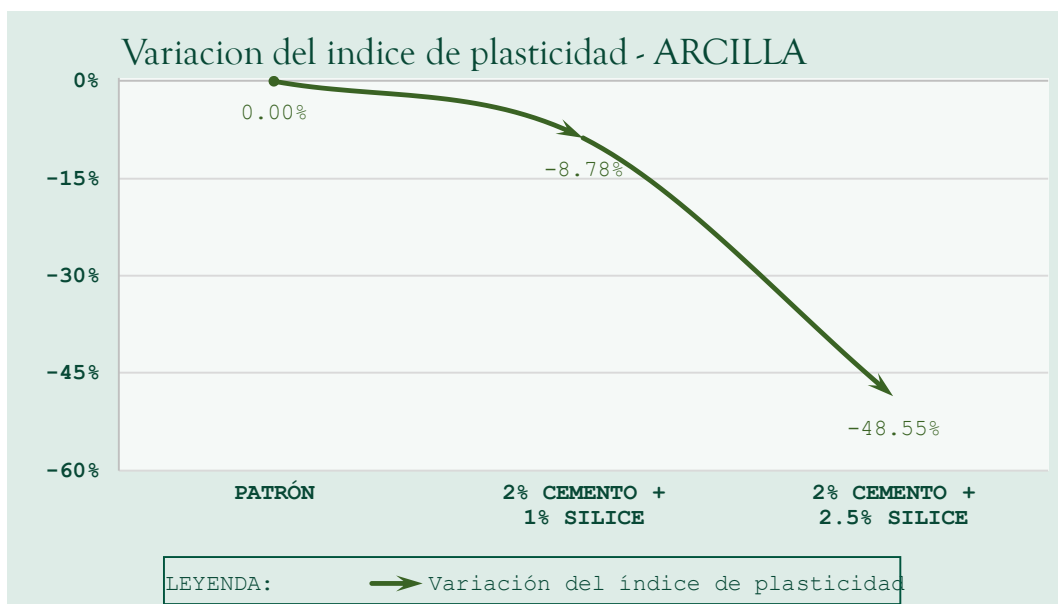
**Figura 9:** Índice de plasticidad de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.



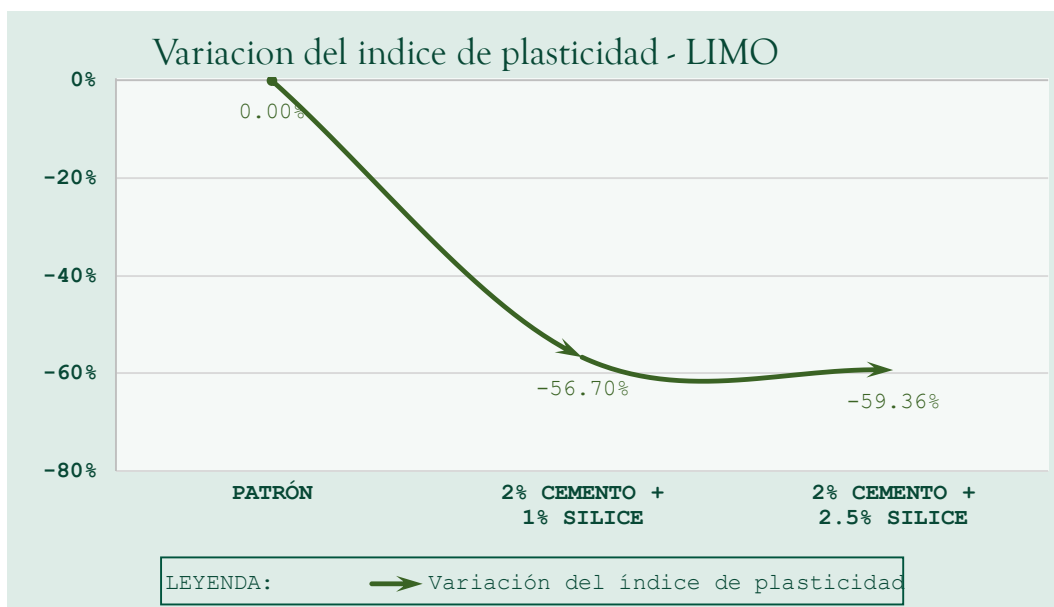


**Figura 10:** Índice de plasticidad del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.

De igual forma, se elaboraron la **Figura 11** y **Figura 12** que muestran las variaciones porcentuales del IP de las muestras con cemento y sílice, observándose que el IP de la arcilla varía en un -8.78% al emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y varía en un -48.55% al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice. De igual forma, se observa que el IP del limo varía en un -56.70% al emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y varía en un -59.36% al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice.



**Figura 11:** Porcentaje de variación del índice de plasticidad de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.



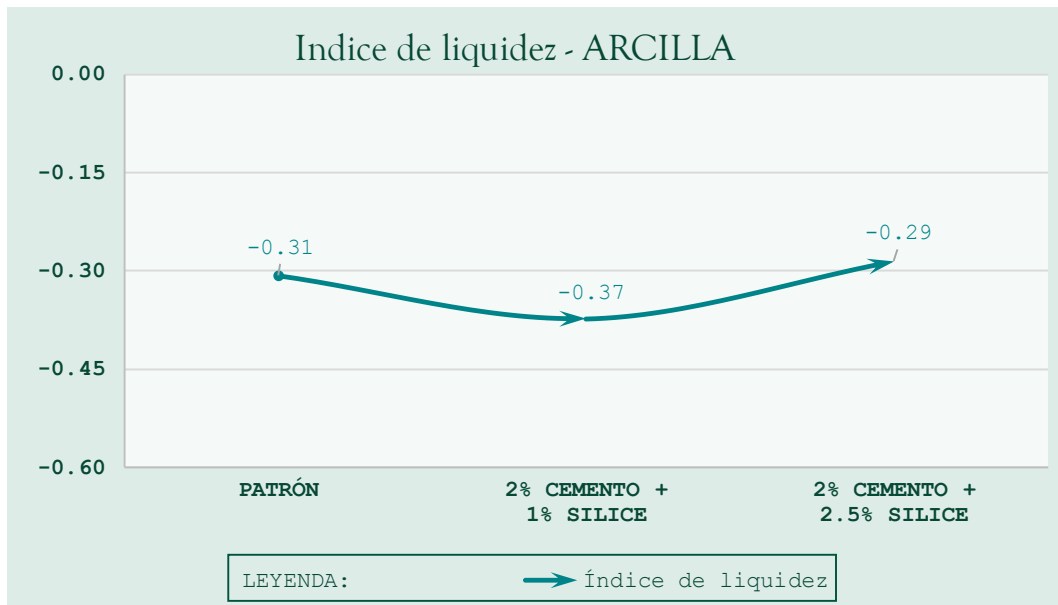
**Figura 12:** Porcentaje de variación del índice de plasticidad del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.

De la misma forma, los valores obtenidos de IL se muestran en la **Tabla 19** para los suelos de arcilla y de limo, observándose como la muestra patrón de arcilla presenta IL igual a -0.31, mientras que las muestras con cemento y sílice presenta IL igual a -0.37 al emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y presenta IL igual a -0.29 al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice. Además, se logra apreciar a la muestra patrón de limo que presenta IL igual a -2.04, mientras que las muestras con cemento y sílice presenta IL igual a -4.16 al emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y presenta IL igual a -3.83 al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice.

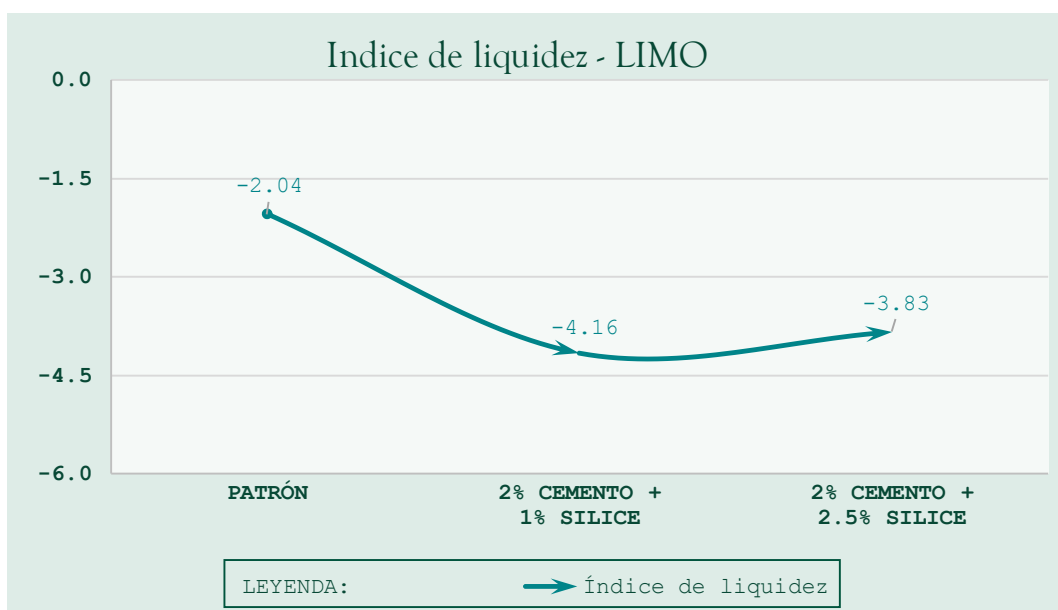
**Tabla 19:** Índice de liquidez de la arcilla y del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.

Suelo	Muestra	Índice de liquidez (%)	Variación
Arcilla	Patrón	-0.31	
	+2.0% cemento + 1.0% sílice	-0.37	-21.34%
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	-0.29	+7.27%
Limo	Patrón	-2.04	
	+2.0% cemento + 1.0% sílice	-4.16	-104.04%
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	-3.83	-87.86%

Según la tabla mostrada líneas arriba (**Tabla 18: Índice de plasticidad de la arcilla y del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. Tabla 19**), se elaboraron la **Figura 13** y **Figura 14** que presentan tales datos de una manera gráfica, lográndose observar con claridad que el cemento + sílice generan que el IL disminuya, el IL de la arcilla disminuye de forma modesta mientras que el IL del limo si disminuye de forma drástica.

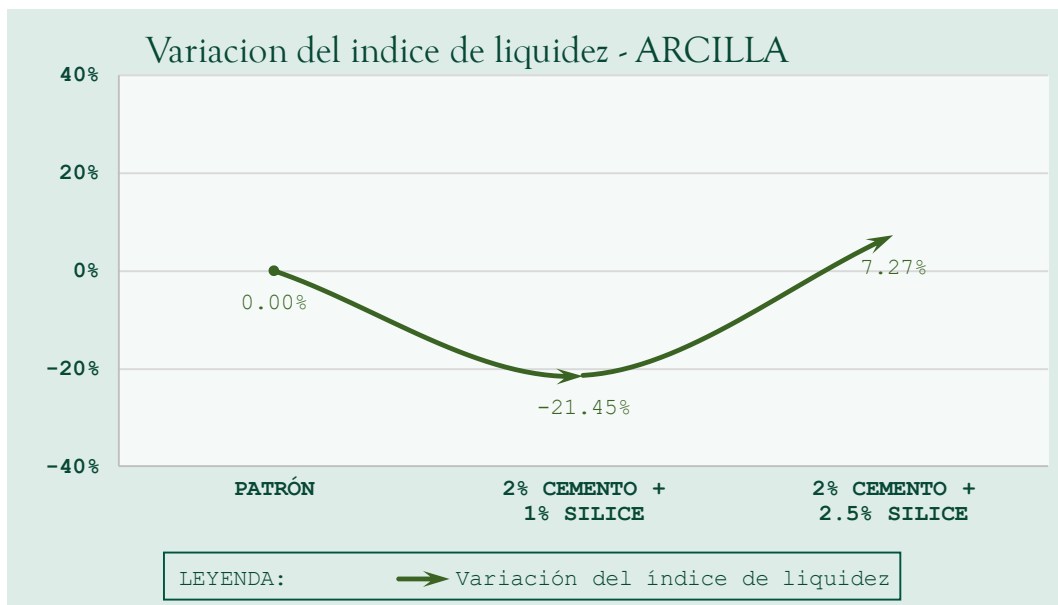


**Figura 13:** Índice de liquidez de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.

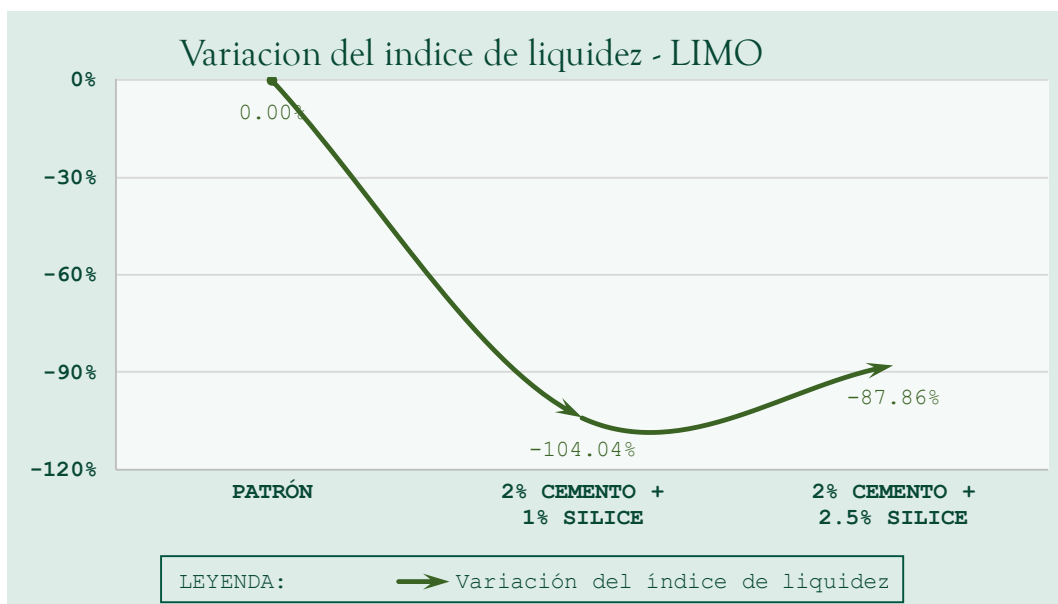


**Figura 14:** Índice de liquidez del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.

De igual forma, se elaboraron la **Figura 15** y **Figura 16** que muestran las variaciones porcentuales del IL de las muestras con cemento y sílice, observándose que el IL de la arcilla varía en un -21.45% al emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y varía en un +7.27% al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice. De igual forma, se observa que el IL del limo varía en un -104.04% al emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y varía en un -87.86% al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice.



**Figura 15:** Porcentaje de variación del índice de liquidez de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.



**Figura 16:** Porcentaje de variación del índice de liquidez del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.

Asimismo, se puede asegurar que, con los valores que oscilan entre 6.21 y 12.07% en arcillas y valores de 4.43 a 10.90% en limos, se tiene un potencial de expansión bajo.

## 5.2. Retracción del suelo

La retracción del suelo (arcilla o limo) se determinó por medio del límite de contracción (LC) y del índice de retracción (IR). El LC se calculó en base a la NTP 339.140, por el método del mercurio, mientras que la IR fue calculado como la diferencia del límite plástico y el límite contracción ( $IR=LP-LC$ ).

De esta forma, los límites de contracción alcanzados se muestran en la **Tabla 20** para los suelos de arcilla y de limo, lográndose observar que, la muestra patrón de arcilla presenta LC de 8.00%, mientras que las muestras con cemento y sílice presenta LC de 7.50% al emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y presenta LC de 5.50% al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice. También, se observa que la muestra patrón de limo presenta LC igual a 17.00%, y las muestras con cemento y sílice presenta LC de 15.20% al emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y presenta LC de 4.43% al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice.

**Tabla 20:** Límite de contracción de la arcilla y del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.

Suelo	Muestra	Límite de contracción (%)	Variación
Arcilla	Patrón	8.00	
	+2.0% cemento + 1.0% sílice	7.50	-6.25%
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	5.50	-31.25%
Limo	Patrón	17.00	
	+2.0% cemento + 1.0% sílice	15.20	-10.59%
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	4.43	-59.36%

A raíz de la tabla anterior (**Tabla 20** **Tabla 18:** Índice de plasticidad de la arcilla y del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.), se fabricaron la **Figura 17** y **Figura 18** que muestran dichos datos de una forma gráfica, donde se nota claramente que el cemento + sílice generan que el LC de la arcilla y del limo se reduzca de forma

significante, mostrándose las mayores variaciones en las muestras con mayor dosis de cemento y sílice.



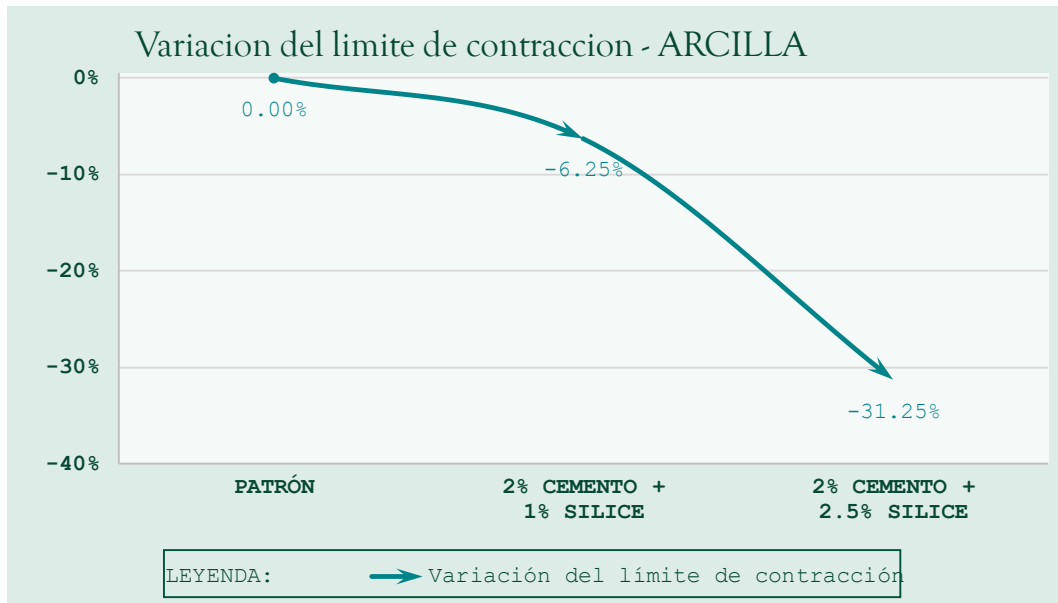
**Figura 17:** Límite de contracción de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.



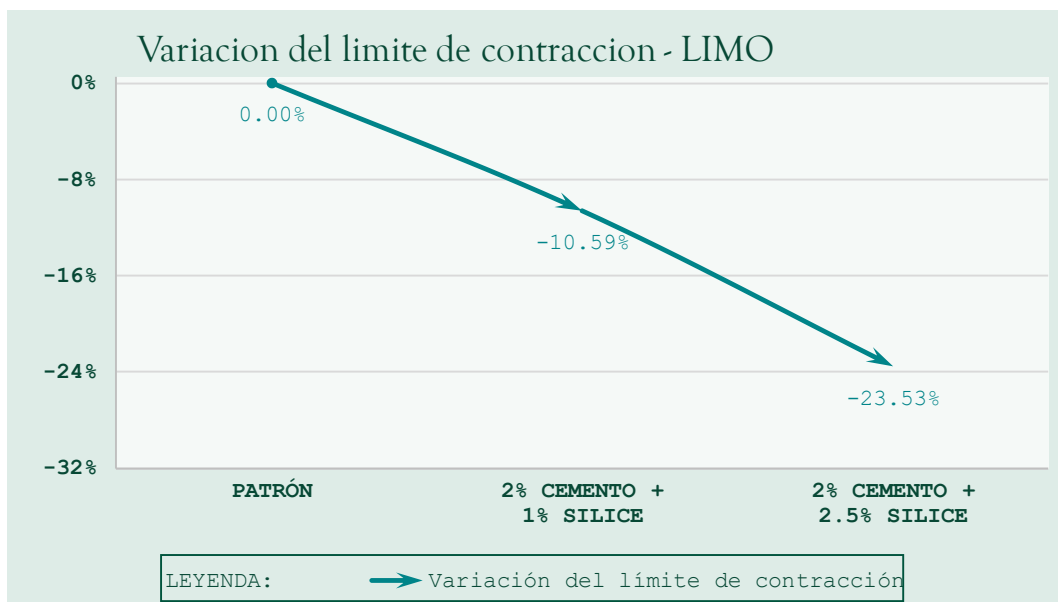
**Figura 18:** Límite de contracción del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.

Igualmente, se elaboraron la **Figura 19** y **Figura 20** que muestran las variaciones porcentuales del LC de las muestras con cemento y sílice, observándose que en la arcilla el LC varía en un -6.25% al emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y varía en un -31.25% al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice. Además, se observa que en el limo el LC varía en un -10.59% al

emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y varía en un -23.53% al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice.



**Figura 19:** Porcentaje de variación del límite de contracción de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.



**Figura 20:** Porcentaje de variación del límite de contracción del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.

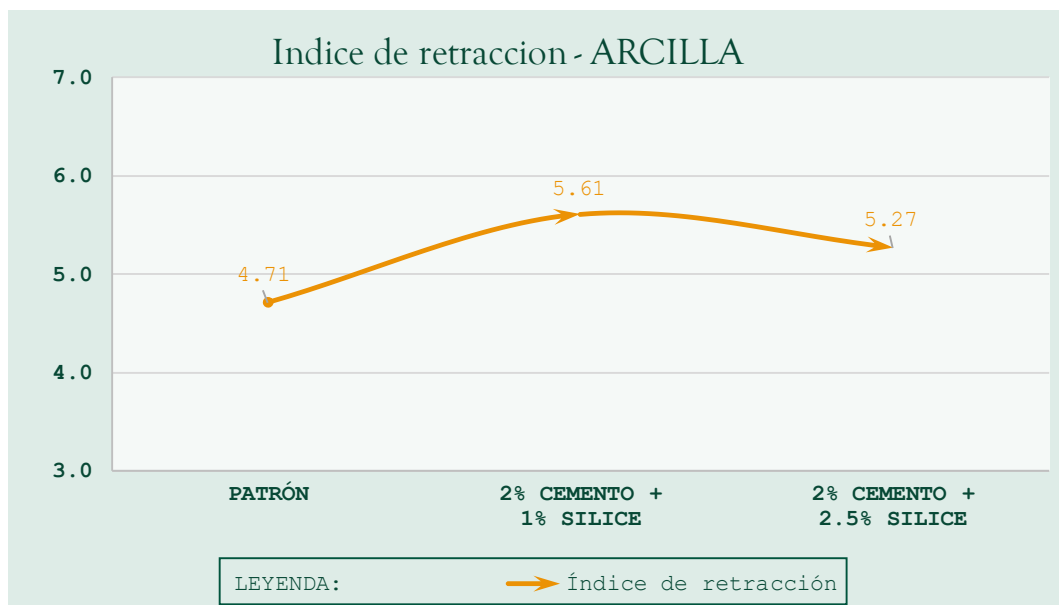
Seguidamente, se muestran los valores de IR obtenidos en la **Tabla 21,Tabla 19** para arcilla y para limo, se puede observar que la muestra patrón de arcilla presenta IR igual a 4.71%, mientras que las muestras con cemento y sílice presenta IR igual a 5.61 al

emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y presenta IR igual a 5.27 al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice. Asimismo, se aprecia que la muestra patrón de limo que presenta IR igual a 12.24%, mientras que las muestras con cemento y sílice presenta IR igual a 11.45% al emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y presenta IR igual a 10.45% al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice.

**Tabla 21:** Índice de retracción de la arcilla y del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.

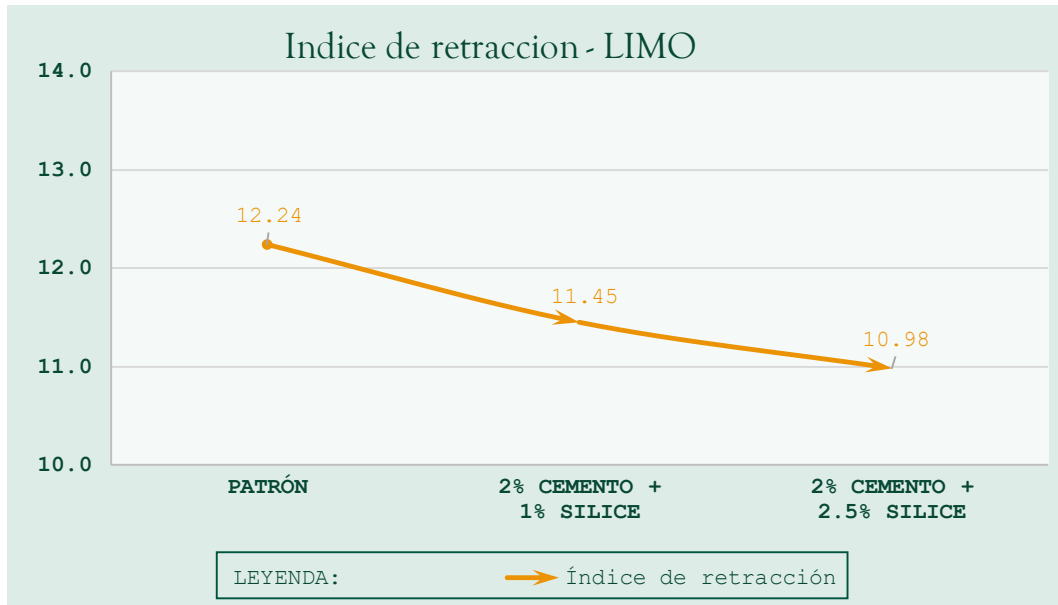
Suelo	Muestra	Índice de retracción (%)	Variación
Arcilla	Patrón	4.71	
	+2.0% cemento + 1.0% sílice	5.61	19.11%
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	5.27	11.89%
Limo	Patrón	12.24	
	+2.0% cemento + 1.0% sílice	11.45	-6.45%
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	10.98	-10.29%

Posteriormente, con la tabla mostrada líneas arriba (**Tabla 18:** Índice de plasticidad de la arcilla y del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. **Tabla 21**), se elaboraron la **Figura 21** y **Figura 22** que muestran tales datos de forma gráfica, observándose que el cemento + sílice generan que el IR se incremente de forma ligera para el caso de la arcilla, y para el caso del limo el IR disminuye de forma modesta.



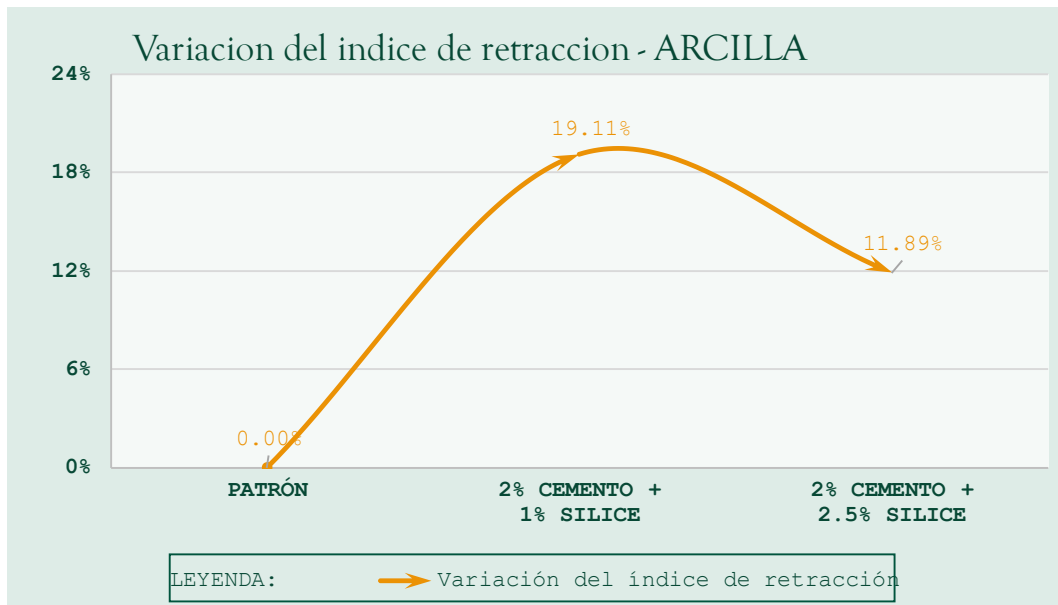


**Figura 21:** Índice de retracción de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.

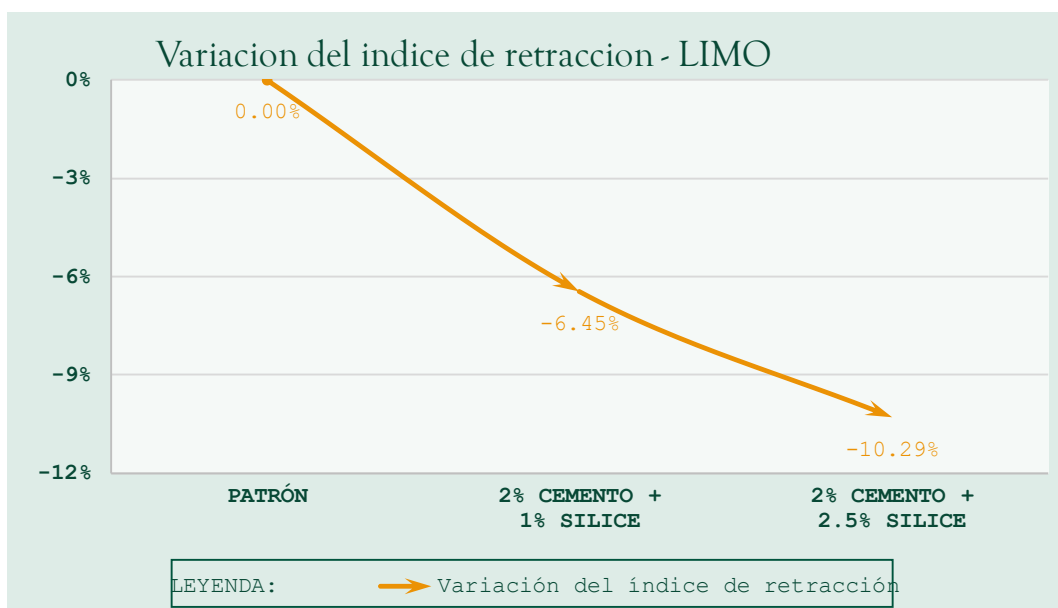


**Figura 22:** Índice de retracción del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.

Asimismo, se elaboraron la **Figura 23** y **Figura 24** que muestran las variaciones porcentuales del IR de las muestras con cemento y sílice, siendo que el IR de la arcilla varía en un +19.11% al emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y varía en un +11.89% al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice. Por otro lado, se observa que el IR en el limo varía en un -6.45% al emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y varía en un -10.29% al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice.



**Figura 23:** Porcentaje de variación del índice de retracción de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.



**Figura 24:** Porcentaje de variación del índice de retracción del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.

Asimismo, se puede asegurar, con los valores que oscilan entre 4.71 y 5.27% en arcillas y 10.98 a 12.24% en limos, se tiene un bajo hinchamiento potencial.

### 5.3.Densidad del suelo

La densidad del suelo (arcilla o limo) se estableció a través de la máxima densidad seca.

El cual fue determinado según lo indicado en la NTP 339.141.

En ese sentido, los valores obtenidos en densidad seca se presentan en la **Tabla 22** para los suelos de arcilla y de limo, donde se denota que, la muestra patrón de arcilla presenta una densidad seca de 1.810 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que las muestras con cemento y sílice presenta una densidad seca de 1.781 gr/cm<sup>3</sup> al emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y presenta una densidad seca de 1.765 gr/cm<sup>3</sup> al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice. Asimismo, se puede apreciar que, la muestra patrón de limo presenta una densidad seca de 1.871 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que las muestras con cemento y sílice presenta una densidad seca de 1.838 gr/cm<sup>3</sup> al emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y presenta una densidad seca de 1.808 gr/cm<sup>3</sup> al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice.

**Tabla 22:** Densidad seca de la arcilla y del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.

Suelo	Muestra	Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Variación
Arcilla	Patrón	1.810	
	+2.0% cemento + 1.0% sílice	1.781	-1.60%
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	1.765	-2.49%
Limo	Patrón	1.871	
	+2.0% cemento + 1.0% sílice	1.838	-1.76%
	+2.0% cemento + 2.5% sílice	1.808	-3.37%

En base a la tabla mostrada líneas arriba (**Tabla 18:** Índice de plasticidad de la arcilla y del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. **Tabla 22**), se elaboraron la **Figura 25:** Densidad seca de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice. y **Figura 26** que muestran los datos expuestos de una forma gráfica, lográndose ver como el cemento + sílice generan que la densidad seca de la arcilla y del limo disminuya de forma significativa.

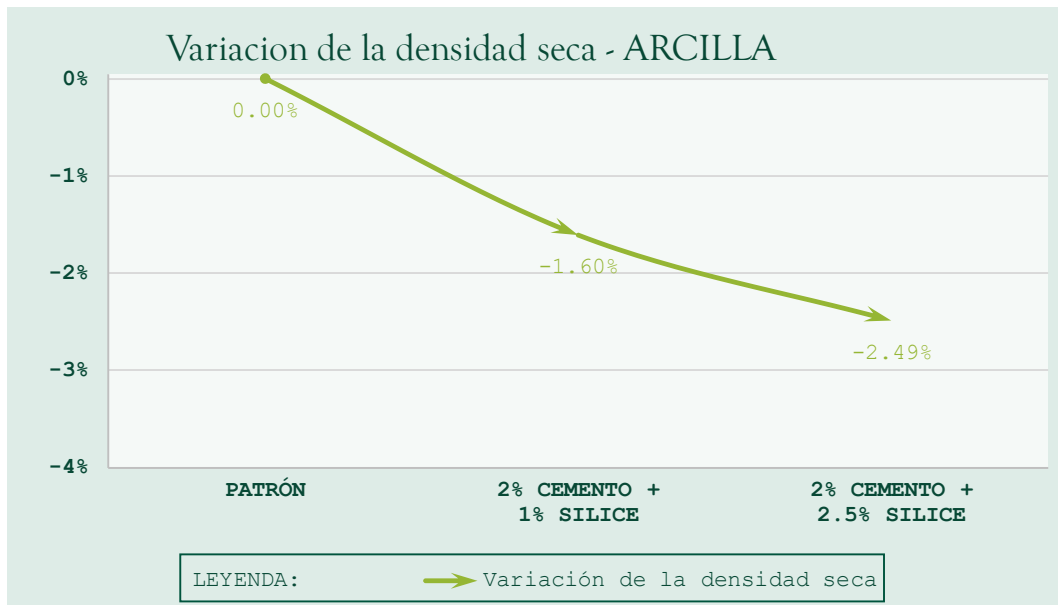


**Figura 25:** Densidad seca de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.

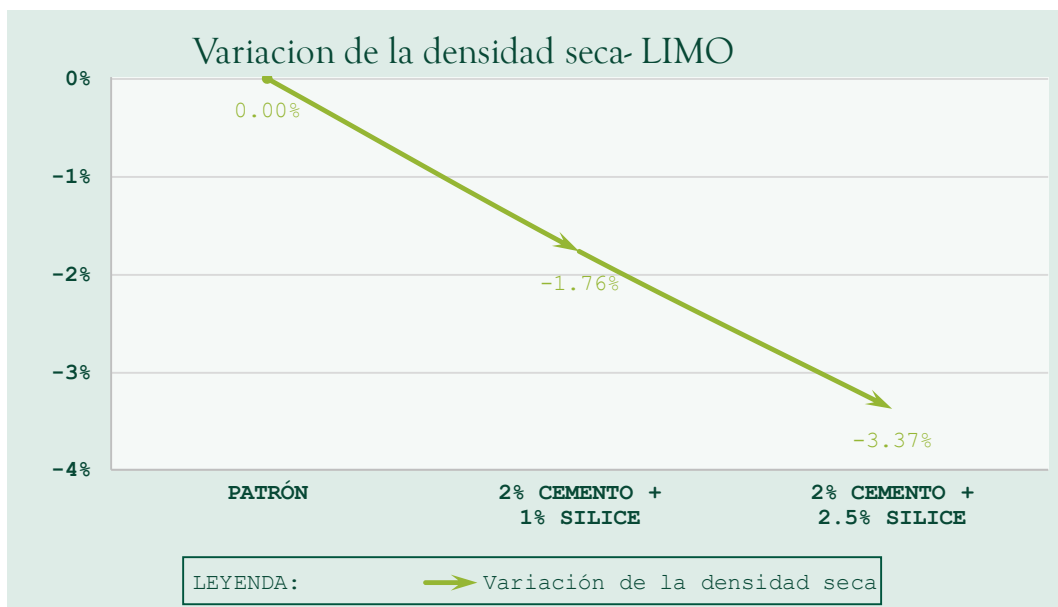


**Figura 26:** Densidad seca del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.

De igual forma, se elaboraron la **Figura 27** y **Figura 28** que muestran las variaciones porcentuales de la densidad seca de las muestras con cemento y sílice, observándose que la densidad seca de la arcilla varia en un -8.78% al emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y varia en un -48.55% al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice. De igual forma, se observa que el IP del limo varia en un -56.70% al emplear 2.0% cemento y 1.0% sílice y varia en un -59.36% al emplear 2.0% cemento y 2.5% sílice.



**Figura 27:** Porcentaje de variación de la densidad seca de la arcilla, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.



**Figura 28:** Porcentaje de variación de la densidad seca del limo, muestra patrón y muestra con cemento y sílice.

Asimismo, se puede asegurar según el criterio de “Bureau of Reclamation”, con valores que oscilan entre 1.765 y 1.810 gr/cm<sup>3</sup> en arcillas y 1.871 y 1.808 gr/cm<sup>3</sup> en limos, se encuentra en una zona de expansión.

## 5.4. Prueba de hipótesis

### 4.4.1. Prueba de hipótesis de la consistencia del suelo

Con respecto al problema específico “a”, se plantearon las siguientes hipótesis:

*Hi: “No existen diferencias significativas en las medias de los datos de consistencia de las muestras de arcilla y de limo al emplearse cemento y humo de sílice.”*

*Ho: “Existen diferencias significativas en las medias de los datos de consistencia de las muestras de arcilla y de limo al emplearse cemento y humo de sílice.”*

En las tablas posteriores, se presenta el estadístico ANOVA de un factor, el cual analiza las varianzas con el objeto de establecer si existen diferencias significativas, en la **Tabla 23** se aprecia las muestras de arcilla, donde el nivel de significancia o p-valor en la propiedad de **Índice de plasticidad** es igual a 0.000 y en la propiedad de **Índice de liquidez** es igual a 0.231, al comparar tales valores a 0.05 se puede afirmar con respecto al **Índice de plasticidad** que si existen diferencias significativas en las medias de todos los grupos y en relación al **Índice de liquidez** que no existen diferencias significativas en las medias de todos los grupos, ambos con un margen de error del 5%.

**Tabla 23:** Estadístico de ANOVA de un factor para la consistencia de las muestras de arcilla.

Propiedad		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Sig.	Sig.
Índice de plasticidad	Inter-grupos	58.432	2	29.216	277.339	0.000
	Intra-grupos	0.632	6	0.105		
	Total	59.064	8			
Índice de liquidez	Inter-grupos	0.012	2	0.006	1.888	0.231
	Intra-grupos	0.019	6	0.003		
	Total	0.030	8			

Por otro lado, en la **Tabla 24** se aprecia las muestras de limo, donde el nivel de significancia o p-valor en la propiedad de **Índice de plasticidad** es igual a 0.000 y en la propiedad de **Índice de liquidez** es igual a 0.000, al comparar tales valores

a 0.05 se puede afirmar con respecto al **Índice de plasticidad** que si existen diferencias significativas en las medias de todos los grupos y en relación al **Índice de liquidez** que si hay discrepancias importantes en las medias de todos los grupos, ambos con un margen de error del 5%.

**Tabla 24:** Estadístico de ANOVA de un factor para la consistencia de las muestras de limo.

Propiedad		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Sig.	Sig.
Índice de plasticidad	Inter-grupos	80.092	2	40.046	808.832	0.000
	Intra-grupos	0.297	6	0.050		
	Total	80.389	8			
Índice de liquidez	Inter-grupos	7.824	2	3.912	1498.166	0.000
	Intra-grupos	0.016	6	0.003		
	Total	7.839	8			

#### 4.4.2. Prueba de hipótesis de la retracción del suelo

Con respecto al problema específico “b”, se plantearon las siguientes hipótesis:

*Hi: “No existen diferencias significativas en las medias de los datos de retracción de las muestras de arcilla y de limo al emplearse cemento y humo de sílice.”*

*Ho: “Existen diferencias significativas en las medias de los datos de retracción de las muestras de arcilla y de limo al emplearse cemento y humo de sílice.”*

En las siguientes tablas, se muestra el estadístico ANOVA de un factor, el cual analiza las varianzas con el objeto de establecer si existen diferencias significativas, en la **Tabla 25** se aprecia las muestras de arcilla, donde el nivel de significancia o p-valor en la propiedad de **Límite de contracción** es igual a 0.000 y en la propiedad de **Índice de retracción** es igual a 0.000, al comparar tales

valores a 0.05 se puede afirmar con respecto al **Límite de contracción** que si existen diferencias significativas en las medias de todos los grupos y en relación al **Índice de retracción** que si hay discrepancias importantes en las medias de todos los grupos, ambos con un margen de error del 5% .

**Tabla 25:** Estadístico de ANOVA de un factor para la retracción de las muestras de arcilla.

Propiedad		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Sig.	Sig.
Límite de contracción	Inter-grupos	10.480	2	5.240	208.304	0.000
	Intra-grupos	0.151	6	0.025		
	Total	10.631	8			
Índice de retracción	Inter-grupos	1.239	2	0.620	131.830	0.000
	Intra-grupos	0.028	6	0.005		
	Total	1.267	8			

Por otro lado, en la **Tabla 26** se aprecia las muestras de limo, donde el nivel de significancia o p-valor en la propiedad de **Límite de contracción** es igual a 0.000 y en la propiedad de **Índice de retracción** es igual a 0.000, al comparar tales valores a 0.05 se puede afirmar con respecto al **Límite de contracción** que si existen diferencias significativas en las medias de todos los grupos y en relación al **Índice de retracción** que si hay discrepancias importantes en las medias de todos los grupos, ambos con un margen de error del 5% .

**Tabla 26:** Estadístico de ANOVA de un factor para la retracción de las muestras de limo.

Propiedad		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Sig.	Sig.
Límite de contracción	Inter-grupos	10.520	2	5.242	207.302	0.000
	Intra-grupos	0.162	6	0.024		
	Total	10.581	8			
Índice de retracción	Inter-grupos	1.319	2	0.580	130.890	0.000
	Intra-grupos	0.028	6	0.005		
	Total	1.412	8			



#### 4.4.3. Prueba de hipótesis de la densidad del suelo

Con respecto al problema específico “c”, se plantearon las siguientes hipótesis:

*Hi: “No existen diferencias significativas en las medias de los datos de densidad de las muestras de arcilla y de limo al emplearse cemento y humo de sílice.”*

*Ho: “Existen diferencias significativas en las medias de los datos de densidad de las muestras de arcilla y de limo al emplearse cemento y humo de sílice.”*

En las tablas siguientes, se muestran el estadístico ANOVA de un factor, el cual analiza las varianzas con el objeto de establecer si existen diferencias significativas, en la **Tabla 27** se aprecia las muestras de arcilla, donde el nivel de significancia o p-valor en la propiedad de **Densidad seca** es igual a 0.068, al comparar tales valores a 0.05 se puede afirmar con respecto al **Densidad seca** que no existen diferencias significativas en las medias de todos los grupos, con un margen de error del 5%.

**Tabla 27:** Estadístico de ANOVA de un factor para la densidad de las muestras de arcilla.

Propiedad		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Sig.	Sig.
Densidad seca	Inter-grupos	0.003	2	0.002	4.336	0.068
	Intra-grupos	0.002	6	0.000		
	Total	0.005	8			

Por otro lado, en la **Tabla 28** se aprecia las muestras de limo, donde el nivel de significancia o p-valor en la propiedad de **Densidad seca** es igual a 0.002, al comparar tales valores a 0.05 se puede afirmar con respecto al **Densidad seca** que si existen diferencias significativas en las medias de todos los grupos, con un margen de error del 5%.

**Tabla 28:** Estadístico de ANOVA de un factor para la retracción de las muestras de limo.

<b>Propiedad</b>		<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>Sig.</b>	<b>Sig.</b>
Densidad seca	Inter-grupos	0.006	2	0.003	21.279	0.002
	Intra-grupos	0.001	6	0.000		
	Total	0.007	8			

## CAPÍTULO VI

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 6.1. Consistencia del suelo

En la propiedad de consistencia del suelo, se recurrió al “Índice de plasticidad (IP)” y al “Índice de liquidez (IL)” para cuantificar tal propiedad. En ese sentido, en la **Tabla 18** se puede apreciar como las muestras patrones de arcilla y de limo presentan IP igual a 12.07% y 10.90% respectivamente, valores que son mayores a los de las muestras con cemento y humo de sílice, es decir emplear estos agentes genera que el IP disminuya de forma significativa, puesto que al emplear 2.0% cemento + 1.0% sílice el IP se reduce en un -8.78% en la arcilla y en un -56.07% en el limo, mientras que al emplear 2.0% cemento + 2.5% sílice el IP se reduce en un -48.55% en la arcilla y en un -59.36% en el limo. Por otro lado, en la **Tabla 19** se observa que las muestras patrones de arcilla y de limo presentan IL igual a -0.31% y -2.04% respectivamente, valores que son mayores a los de las muestras con cemento y humo de sílice, es decir emplear estos agentes genera que el IL se reduzca de forma ligera en el caso de arcilla y de forma notable en el caso del limo, puesto que al emplear 2.0% cemento + 1.0% sílice el IL se reduce en un -21.45% en la arcilla y en un -104.04% en el limo, mientras que al emplear 2.0% cemento + 2.5% sílice el IL se reduce en un -7.27% en la arcilla y en un -87.86% en el limo. De forma resumida, se puede afirmar

que el cemento y el humo de sílice tiene el efecto de aumentar la consistencia del suelo predominantes de arcilla o de limo, ya que reduce la plasticidad del suelo, debido a su naturaleza estabilizante. Estos resultados concuerdan con Castro Gonzales (2019), que sostiene que el cemento portland al reaccionar ante el agua y por su naturaleza cementante logra controlar el cambio volumétrico de las arcillas, ya que genera a que la arcilla sea menos reactiva.

## **6.2. Retracción del suelo**

En la propiedad de retracción del suelo, se recurrió al Límite de contracción (LC) y al Índice de retracción (IR) para cuantificar tal propiedad. En ese sentido, la **Tabla 20** **Tabla 18** presenta las muestras patrones de arcilla y de limo, las cuales muestran LC igual a 8.00% y 17.0% respectivamente, valores que son superiores a los de las muestras con cemento y humo de sílice, es decir que el uso estos elementos provoca que el LC se reduzca de forma significativa, ya que al emplear 2.0% cemento + 1.0% sílice el LC se reduce en un -6.25% en la arcilla y en un -10.59% en el limo, mientras que al emplear 2.0% cemento + 2.5% sílice el LC se reduce en un -31.25% en la arcilla y en un -23.53% en el limo. Por otro lado, en la **Tabla 21** **Tabla 19** se observa que las muestras patrones de arcilla y de limo presentan IR igual a 4.71% y 12.24% respectivamente, en el caso de la arcilla el IR es ligeramente menor a valores de las muestras con cemento y humo de sílice y en el caso del limo el IP es ligeramente mayor a valores de las muestras con cemento y humo de sílice, puesto que al emplear 2.0% cemento + 1.0% sílice el IR se varia en un +19.11% en la arcilla y en un -6.45% en el limo, mientras que al emplear 2.0% cemento + 2.5% sílice el IR se varia en un +11.89% en la arcilla y en un -10.29% en el limo. De manera concisa, se puede afirmar que el cemento y el humo de sílice tiene el efecto de reducir la retracción del suelo predominantes de arcilla o de limo, es decir que reduce el potencial de hinchamiento de los suelos al disminuir la amplitud del rango de humedad cuando se

encuentra en estado semisólido. Según Velásquez Pereyra (2018), la influencia del cemento en la estabilización de subrasantes arcillosas radica en la disminución del límite de contracción, lo que en su defecto aumentaría el índice de retracción del suelo. Lo que optimizaría el comportamiento del suelo geotécnicamente. Asimismo, Torres Lora (2019), sostiene que el límite de contracción tiene directa relación con la actividad coloidal del suelo (naturaleza expansiva o de contracción del suelo), por lo que se puede determinar la naturaleza de los cambios volumétricos del suelo con el límite de contracción, el cual al disminuir garantiza un cambio volumétrico.

### **6.3.Densidad del suelo**

En la propiedad de densidad del suelo, se recurrió a la densidad seca para cuantificar tal propiedad. En ese sentido, en la **Tabla 22** se puede apreciar como las muestras patrones de arcilla y de limo presentan densidad seca igual a  $1.810 \text{ gr/cm}^3$  y  $1.871 \text{ gr/cm}^3$  respectivamente, valores que son mayores a los de las muestras con cemento y humo de sílice, es decir emplear estos agentes genera que la densidad seca se reduzca de forma significativa, puesto que al emplear 2.0% cemento + 1.0% sílice el IP se reduzca en un -1.60% en la arcilla y en un -1.76% en el limo, mientras que al emplear 2.0% cemento + 2.5% sílice la densidad seca se reduce en un -2.49% en la arcilla y en un -3.37% en el limo. Esto se traduce en que el cemento y el humo de sílice provocan que la densidad del suelo predominantes de arcilla o de limo disminuya de forma ligera, con lo que se garantizaría que los cambios volumétricos se mitiguen, debido a estos elementos reducen la reactividad de la arcilla o el limo. Estos resultados concuerdan con Moreno Vargas y Rodríguez Iparraguirre (2019), quienes concluyeron que la estabilización de suelos con humo de sílice produce una mejora de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, dentro de estas el control de la densidad, ya que esto aseguraría un comportamiento más eficaz.

## CONCLUSIONES

1. Se concluye que el cambio volumétrico en arcillas y limos al emplear humo de sílice y cemento genera un decremento en las propiedades de plasticidad y densidad, asimismo asegura una menor probabilidad de cambio de volumen gracias a la naturaleza de ambos cementantes.
2. La plasticidad del suelo en arcillas y limos se reduce de forma significativa al emplear humo de sílice y cemento, puesto que en la dosis de 2.0% cemento + 2.5% de sílice el IP se reduce en un 48.55% en arcilla y en un 59.36% en limo a diferencia del suelo en su estado natural, asimismo se puede asegurar que, con los valores que oscilan entre 6.21 y 12.07% en arcillas se tiene un potencial de expansión bajo, de igual forma, valores de 4.43 a 10.90% en limos, se tiene un potencial de expansión bajo.
3. La propiedad de la retracción del suelo en arcillas y limos disminuye notablemente al utilizar humo de sílice y cemento, ya que, en la dosis de 2.0% cemento + 2.5% de sílice el LC se reduce en un 31.25% en arcilla y en un 23.53% en limo a diferencia del suelo en su estado natural, asimismo se puede asegurar, con los valores que oscilan entre 4.71 y 5.27% en arcillas y 10.98 a 12.24% en limos, se tiene un bajo hinchamiento potencial.
4. La propiedad de la densidad seca del suelo en arcillas y limos decrece de forma ligera al emplear humo de sílice y cemento, puesto que, en dosis de 2.0% cemento + 2.5% de sílice la densidad seca se reduce en un 48.55% en arcilla y en un 59.36% en limo a comparación del suelo natural, asimismo se puede asegurar según el criterio de “*Bureau of Reclamation*”, con valores que oscilan entre 1.765 y 1.810 gr/cm<sup>3</sup> en arcillas y 1.871 y 1.808 gr/cm<sup>3</sup> en limos, se encuentra en una zona de expansión, el cual indica que, a pesar de existir estabilización, aun puede sufrir cambios mínimos volumétricamente .

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda continuar con la investigación en suelos, aplicando otros agentes químicos para evaluar los procesos de cambios de volúmenes.
2. Se recomienda emplear una dosis más elevada de cemento, asimismo, evaluar principalmente el límite de contracción.
3. Se recomienda establecer una correlación entre las diferentes propiedades físicas del suelo como respuesta frente a la aplicación de agentes estabilizadores y cambio de humedades.
4. Es recomendable realizar ensayos de resistencia mecánica como compresión, para determinar una relación de plasticidad-resistencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Aliaga Rezza, Fredy Richard e Soriano Ochoa, Carlos Enrique. 2019.** *Análisis comparativo de estabilización con cemento portland y emulsión asfáltica en bases granulares.* Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Ricardo Palma. Lima : s.n., 2019. Tesis de Pregrado.

**Altamirano Navarro, Genaro José e Exequiel, Díaz Sandino. Axell. 2018.** *Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas.* Facultad de Ciencias e Ingenierías, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Nicaragua : s.n., 2018. Tesis Pregrado.

**Alva Figueroa, Juan A. 2019.** *INFLUENCIA EN EL COMPORTAMIENTO VOLUMÉTRICO DE SUELOS CON ELEVADO CONTENIDO DE FINOS EN LA URB. UPAO II ETAPA, FRENTE A ALTAS PRECIPITACIONES EN LA CIUDAD DE TRUJILLO LA LIBERTAD PERÚ 2018.* TRUJILLO : UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO, 2019.

**Arias Odón, Fidias G. 2012.** *El Proyecto de Investigación Introducción a la Metodología Científica.* Caracas : Episteme, 2012. 980-07-8529-9.

**Astorayme Salazar, Leo Marini e Ramón Díaz, Franco William. 2021.** *Análisis del comportamiento mecánico del suelo arcilloso reforzado con PET para obras geotécnicas, proveniente de botellas plásticas recicladas, en el distrito de Ricuricocha -Tarapoto.* Programa Académico de Ingeniería Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima : s.n., 2021. Tesis de Pregrado.

**Barrera Bucio, Mauricio, Garnica Anguas, Paul e Martínez Rodríguez, Federico. 2004.** *Influencia de la succión en los cambios volumétricos de un suelo compactado.* México : s.n., 2004.

**Becerra Santillan, Anthony Cesar F.&Herrera Gonzales, Alfredo E. 2019.** *ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS*



*CEMENTOS PACASMAYO VÍAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018.*

Universidad Señor de Sipan. Pimentel : s.n., 2019.

**Cañar Tiviano, Edwin Santiago. 2018.** *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón.*

Universidad técnica de ambato. Ambato : s.n., 2018. p. 167, Tesis de pregrado.

**Castillo Benites, Fiorela de Fatima e Solano Varas, Yosmer Russbel. 2021.** *Estabilizacion de suelos con uso de aditivos químicos del camino vecinal Pampas de Cochaya - Mache-Otuzco-La libertad.* Facultad de Ingeniería, Universidad privada anteriores Orregon. 2021. p. 106, Tesis de pregrado.

**Castro Gonzales, Milagros A. & Navarro Pereyra, Jesus D. 2019.** *Análisis de mejora de suelos arcillosos de alta plasticidad a nivel de subrasante mediante adición de cemento Portland para disminuir el cambio volumétrico.* UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS . Lima : s.n., 2019.

*El papel primordial del suelo.* **Navas, Ana. 2021.** Perú : s.n., 2021, 30Ecodes tiempo de actuar.

**2020.** *El suelo, universo invisible.* Universidad Nacional de la Plata. Argentina : s.n., 2020.

**Escobar Sulca y otros. 2020.** 2020.

*Factores de Formación del Suelo.* **2020.** 2020, Intagri.

**Giraldo Huertas, Juan José. 2016.** *Manual para los seminarios de Investigación en Psicología.* 2016.

**Gonzalez Vera, Rubén, Leticia Cabrera, Norma Feroso, Mendoza Mendoza, Herminia e Arzate Robledo, Roberto. 2020.** *Metodos de Investigacion: Experimentales y Cualitativos.* Mexico : s.n., 2020.

**Hernández Lara, Josué Aristides, Mejía Ramírez, David Remberto e Zelaya Amaya, César Eduardo. 2018.** *Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en*

*pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la universidad de El Salvado.*  
Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad de El Salvador. San Miguel : s.n., 2018.  
Tesis de Pregrado.

**Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos e Baptista Lucio, Pilar. 2014.** *Metodología de la Investigación.* México : Mc Graw Hill Education, 2014. 978-1-4562-2396-0.

**Jacinto Yovera, María Petronila. 2021.** *Mejoramiento mecánico de suelos blandos en la subrasante, utilizando residuos bovalvos de la bahía de sechura.* Facultad de Ingeniería civil, Universidad Nacional de Piura. 2021. Tesis Pregrado.

**Mamani Barriga, Lux Eva e Yataco Quispe, Alejandro Jesús. 2017.** *Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho.* Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad San Martín De Porres. Lima : s.n., 2017. Tesis de Pregrado.

**Méndez Álvarez, Carlos Eduardo. 2020.** *Research Methodology fifth edition.* s.l. : ALPHAEDITORIAL, 2020.

**Méndez, Carlos. 2012.** Research Induction. *Justificación de la Investigación.* [Online] 2012.

**Ministerio de Transporte y Comunicaciones, MTC. 2014.** *Suelos Geología, Geotecnia y pavimentos .* Lima : s.n., 2014.

—. **2013.** *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.* Lima : 2 da edición, 2013.

**MTC E 107, Ministerio de Transporte y comunicaciones. 1999.** *Análisis granulométrico de suelos por tamizado.* 1999.

**MTC E 110, Ministerio de transporte y comunicaciones. 2000.** *Determinación del límite líquido de los suelos.* 2000.

**MTC E 111, Ministerio de transporte y comunicaciones. 2000.** *Determinación del límite plástico e índice de plasticidad.* 2000.

**MTC E 115, Ministerio de transporte y comunicaciones. 2000.** *Proctor modificado .* 2000.

**MTC. 2013.** *Especificaciones técnicas generales para construcción.* Lima : Setiembre de 2015, 2013.

—. **2016.** *Manual de ensayo de materiales.* Lima : Edición mayo de 2016, 2016.

—. **2016.** *Manual de ensayo de materiales.* Lima : Edición Mayo de 2016, 2016.

**Parra Gomez, Manuel Gerardo. 2018.** *Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante.* Facultad de Ingeniería , Universidad Católica de Colombia. Bogotá : s.n., 2018. Tesis Pregrado.

**2018.** *Recursos Naturales.* España : s.n., 2018.

**Risso Gauchi, Veronica. 2017.** Estudio de los métodos de investigación y técnicas de recolección de datos utilizadas en bibliotecología y ciencia de la información. Argentina : s.n., 2017.

**Sánchez Carlessi, H. Hugo, Reyes Romero, Carlos e Mejía Sáenz, Katia. 2018.** *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística.* Lima : s.n., 2018.

**Sanzano, Agustín. 2019.** *Factores de formación del suelo.* Facultad Ecología, Universidad Nacional de Tucumán. 2019. Tesis Pregrado.

**2018.** *Servicio de Conservación de los recursos naturales.* Departamento de agricultura de los Estados Unidos. Estados Unidos : s.n., 2018.

*Suelo.* **Zita Fernandez, Ana. 2019.** Venezuela : s.n., 2019, Toda Materia.

**2021.** *Técnica específica.* Sedapal. Lima : s.n., 2021.

**Torres Lora, Luis A. 2019.** *Correlación del límite de contracción y la actividad coloidal en suelos arcillosos, La victoria - Lambayeque.* Universidad Señor de Sipán. Pimentel : s.n., 2019.

**Torres Lora, Luis Alberto. 2019.** *CORRELACIÓN DEL LIMITE DE CONTRACCIÓN Y LA ACTIVIDAD COLOIDAL EN SUELOS ARCILLOSOS, LA VICTORIA – LAMBAYEQUE* 2019. Universidad Señor de Sipan. Pimentel : s.n., 2019.

**Vásquez Vélez, Luz América. 2011.** *"Incidencia de los instrumentos de evaluación en el desarrollo de las competencias metacognitivas de los estudiantes del primer año de la facultad de pedagogía, psicología y educación de la universidad católica de cuenca"*. FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y DE LA, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. Ambato : s.n., 2011. Tesis Pregrado.

**Velasquez Pereyra, Cesar. 2018.** *INFLUENCIA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I EN LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARCILLOSO DE LA SUBRASANTE DE LAAVENIDADINAMARCA, SECTOR LA MOLINA.* UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA. CAJAMARCA : s.n., 2018.

## **ANEXOS**

**Anexo N°01: Matriz de consistencia**

## EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y CEMENTO

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuáles son los cambios volumétricos en arcillas y limos con adición de humo de sílice y cemento?"</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar los cambios volumétricos en arcillas y limos con adición de humo de sílice y cemento?</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>Los cambios volumétricos en arcillas y limos mediante la adición de humo de sílice y cemento inciden significativamente en la plasticidad, contracción y densidad del suelo.</p>	<p>Variable independiente:</p> <p>Humo de sílice y cemento</p>	<p>Densidad</p>	<p>Gr/cm<sup>3</sup></p>	<p>m/v</p>	<p><b>Delimitaciones:</b>  <b>Espacial:</b> <i>Provincia de Huancayo, departamento de Junín.</i>  <b>Temporal:</b>  <i>Año 2023</i></p> <p>Método de investigación:  <i>científico.</i></p> <p>Tipo de investigación:  <i>aplicada.</i></p> <p>Nivel de investigación: <i>explicativo</i></p> <p>diseño de investigación:  <i>experimental.</i></p> <p><b>Población y muestra:</b></p> <p><b>Población.</b> <i>01 muestra de suelo arcilloso del anexo de Cochas chico-El tambo y 01 muestra de suelo limoso del sector de 3 de diciembre.</i></p> <p><b>Muestra:</b> <i>La muestra será determinada según el tipo de muestreo no probabilístico dirigido, y corresponderá a:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>suelo natural (arcilla / limo)</i></li> <li>• <i>suelo natural (arcilla / limo) + 2% de cemento + 1% de sílice</i></li> <li>• <i>suelo natural (arcilla / limo) + 2% de cemento + 2.5% de sílice</i></li> </ul> <p><b>Técnicas e instrumentos:</b>  <i>Observación, análisis de documentos y pruebas estandarizadas de laboratorio</i></p> <p><b>Técnicas de procesamiento de datos:</b>  <i>- Estadístico y probabilístico.</i></p>
<p>Problema específico</p> <p>¿En qué medida varía la plasticidad en arcillas y limos con adición de humo de sílice y cemento?</p>	<p>Problema específico</p> <p>Analizar la variación de la plasticidad en arcillas y limos con adición de humo de sílice y cemento</p>	<p>Existen diferencias significativas en las medias de los datos de consistencia de las muestras de arcilla y limo al emplearse cemento y humo de sílice.</p>	<p>Variable dependiente:</p> <p>Cambio volumétrico</p>	<p>Consistencia del suelo</p>	<p>Plasticidad y/o consistencia relativa</p>	<p>Il e ip</p>	
<p>¿De qué manera varía la retracción en arcillas y limos con adición de humo de sílice y cemento?</p>	<p>Evaluar la retracción en arcillas y limos con adición de humo de sílice y cemento</p>	<p>Existen diferencias significativas en las medias de los datos de retracción de las muestras de arcilla y limo al emplearse cemento y humo de sílice.</p>		<p>Retracción del suelo</p>	<p>Índice de contracción en suelos</p>	<p>Ic</p>	
<p>¿Cómo varía la densidad en arcillas y limos con adición de humo de sílice y cemento?</p>	<p>Determinar la variación de la densidad en arcillas y limos con adición de humo de sílice y cemento</p>	<p>Existen diferencias significativas en las medias de los datos de densidad de las muestras de arcilla y limo al emplearse cemento y humo de sílice.</p>		<p>Densidad del suelo</p>	<p>Peso unitario seco</p>	<p>Proctor</p>	
				<p>Variable interviniente:</p> <p>Arcillas y limos</p>	<p>Clasificación</p>	<p>Según composición</p>	<p>Silicatos</p>

## **Anexo N°02: Resultados de laboratorio**



2022

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

SOLICITADO POR:

Bach. VEGA CORONEL HERMES



**TESIS- EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS  
VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS MEDIANTE  
LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y CEMENTO**



**G E O T E S T V S.A.C.**



# LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS- EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y CEMENTO		
Expediente N°	: 228-EXP/IGEO-TEST-V-SAC-2022		
Código de formato	: GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera	: C1
Peticionario	: BACH. VEGA CORONEL HERMES	Cod. De Muestra	: E1
Ubicación	: HUANCAYO-JUNIN	Clase de material	: ARCILLA
Estructura	: -	Fecha de emisión	: DICIEMBRE 2022

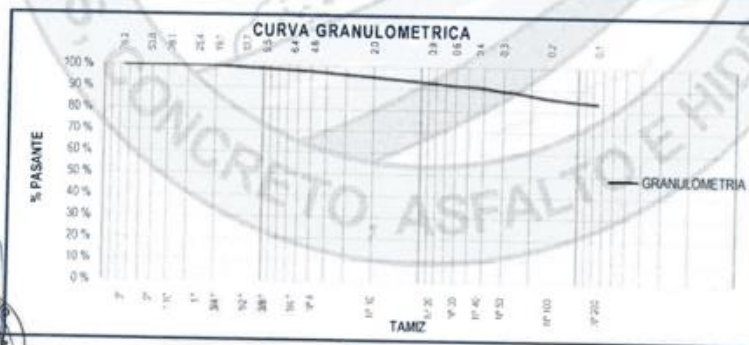
## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 339.126

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	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	7.70	0.13	0.13	99.87
1/2"	12.70	49.80	0.85	0.98	99.02
3/8"	9.53	19.70	0.34	1.32	98.68
1/4"	6.35	46.70	0.80	2.12	97.88
N° 4	4.75	27.80	0.47	2.59	97.41
N° 8	2.36	106.60	1.82	4.41	95.59
N° 10	2.00	24.10	0.41	4.82	95.18
N° 16	1.18	87.30	1.49	6.31	93.69
N° 20	0.85	57.60	0.98	7.30	92.70
N° 30	0.60	54.60	1.10	8.40	91.60
N° 40	0.43	31.90	0.54	8.94	91.06
N° 50	0.30	105.90	1.81	10.75	89.25
N° 60	0.25	31.10	0.53	11.28	88.72
N° 100	0.15	150.30	2.74	14.02	85.98
N° 200	0.075	130.10	2.22	16.24	83.76
FONDO		4905.0	83.76	100.00	0.00
TOTAL		5856.20	100.00 %		

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	
GRAVA	2.59 %
ARENA	13.65 %
FINO	83.76 %
<b>TOTAL</b>	<b>100.00 %</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (NTP 339.127)	
Código de recipiente	-
Masa de recipiente (g)	53.10 g
Masa de recipiente + suelo húmedo (g)	135.90 g
Masa de recipiente + suelo seco (g)	129.05 g
Masa de agua (g)	6.84 g
Masa de suelo seco (g)	75.96 g
Contenido de humedad %	9.00 %



Simbolo del grupo (SUCS)	=	CL
Nombre del grupo (SUCS)	=	ARCILLA LIGERA CON ARENA
AASHTO	=	A-6 (0)



📍 RUC: 20606529229  
 📍 PSJ. GRAU #211 - D-HILCA  
 📞 980329953 / 952525151

📍 GEO TEST V S.A.C.  
 ✉️ GEOTEST.V@GMAIL.COM  
 ✉️ LABGEOTESTV82@GMAIL.COM



Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161



# LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

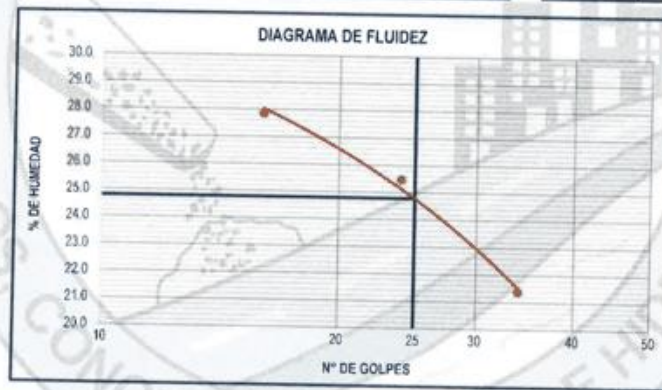
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS- EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y CEMENTO		
Expediente N°	: 228 EXP/GEO-TEST-V-SAC-2022		
Código de formato	: GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera	: C1
Peticionario	: BACH. VEGA CORONEL HERMES	Cod. De Muestra	: E1
Ubicación	: HUANCAYO-JUNIN	Clase de material	: ARCILLA
Estructura	: +	Fecha de emisión	: DICIEMBRE 2022

Hoja: 02 de 02

## MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS NTP 339.129

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
Nro. De cápsula	-	-	-	-	-
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	48.10	44.10	45.33	20.55	20.76
Masa cápsula + Suelo seco (g)	41.30	38.46	39.81	19.94	20.27
Masa cápsula (g)	16.88	16.32	14.00	15.38	16.20
Masa del agua (g)	6.80	5.64	5.52	0.61	0.49
Masa del suelo seco (g)	24.42	22.14	25.81	4.56	4.07
Contenido de humedad %	27.85 %	25.47 %	21.39 %	13.38 %	12.04 %
Nro. De golpes	16	24	34		



<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b>
LL. : 26.78	LP. : 12.71	IP. : 12.07



**NOTAS:**

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.

RUC: 20606529229  
 PSJ. GRAU #211-CHILCA  
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.  
 GEOTEST.V@GMAIL.COM  
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarrá Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 196101



# LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

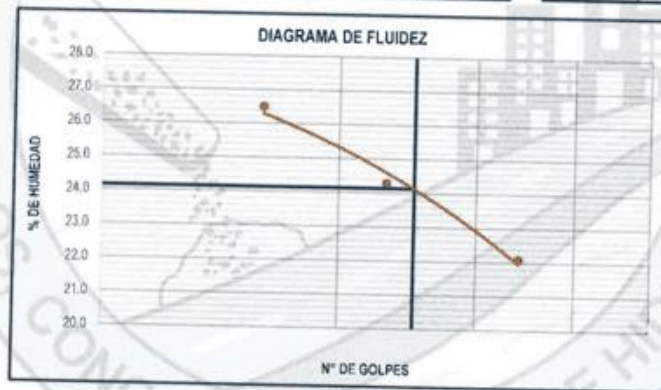
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS- EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y CEMENTO		
Expediente N°	: 228-EXP/GEOTEST-V-SAC-2022		
Código de formato	: GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera	: C1
Peticionario	: BACH. VEGA CORONEL HERMES	Cod. De Muestra	: E1
Ubicación	: HUANCAYO JUNIN	Clase de material	: ARCILLA + 2% DE CEMENTO + 1% DE HUMO DE SILICE
Estructura	: -	Fecha de emisión	: DICIEMBRE 2022

Hoja: 02 de 02

## MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS NTP 339.129

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
Nro. De cápsula	-	-	-	-	-
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	45.70	41.90	43.06	19.58	19.72
Masa cápsula + Suelo seco (g)	39.48	36.74	37.68	18.98	19.24
Masa cápsula (g)	16.04	15.50	13.30	14.61	15.39
Masa del agua (g)	6.21	5.16	5.38	0.60	0.48
Masa del suelo seco (g)	23.45	21.23	24.38	4.37	3.85
Contenido de humedad %	26.49 %	24.28 %	22.08 %	13.77 %	12.46 %
Nro. De golpes	16	23	34		



<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>
LL : 24.13

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>
LP : 13.11

<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b>
IP : 11.01

**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por laboratorio en presencia del peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad



*Luis Gamirra Espinoza*  
INGENIERO CIVIL  
CIP 190101

📍 RUC: 20606529229  
📍 PS.J. GRAU #211 - CHILCA  
☎ 980329953 / 952525151

📍 GEO TEST V S.A.C.  
✉ GEOTEST.V@GMAIL.COM  
✉ LABGEOTESTV02@GMAIL.COM



# LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

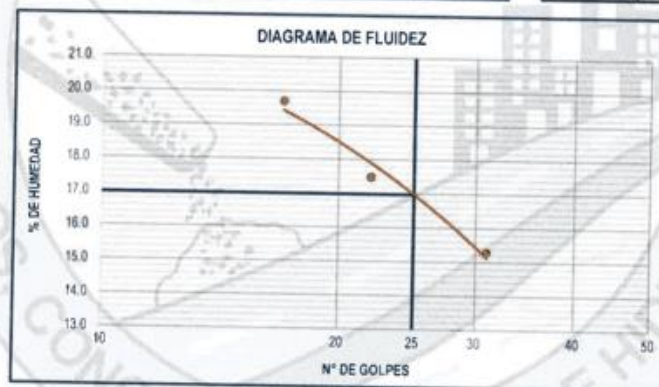
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS- EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y CEMENTO		
Expediente N°	: 278-EXP/GEO-TEST-V-SAC-2022		
Código de formato	: GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera	: C1
Peticionario	: BACH. VEGA CORONEL HERMES	Cod. De Muestra	: E1
Ubicación	: HUANCAYO-JUNIN	Clase de material	: ARCILLA + 25% CEMENTO + 2.5% DE HUMO DE SILICE
Estructura	: +	Fecha de emisión	: DICIEMBRE 2022

Hoja: 02 de 02

## MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS NTP 339.129

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	I	II
Wp. De cápsula	-	-	-	-	-
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	36.25	35.07	36.04	16.34	16.53
Masa cápsula + Suelo seco (g)	34.16	31.76	32.74	15.95	16.16
Masa cápsula (g)	13.42	12.96	11.13	12.23	12.68
Masa del agua (g)	4.08	3.29	3.30	0.39	0.37
Masa del suelo seco (g)	20.74	18.80	21.61	3.72	3.76
Contenido de humedad %	19.69 %	17.48 %	15.26 %	10.43 %	11.12 %
Nº. De golpes	17	22	31	I	II



<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	
LL :	16.98

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	
LP :	10.77

<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b>	
IP :	6.21



📍 RUC: 20606529229  
 📍 PSJ. GRAU #211 - CHILCA  
 ☎ 980329953 / 952525151

📧 GEO TEST V S.A.C.  
 ✉ GEOTEST.V@GMAIL.COM  
 ✉ LABGEOESTV02@GMAIL.COM

  
 Luis Gamarrá Espino 029  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 196101



# LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS- EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y CEMENTO		
Expediente N°	: 228-EXP/ GEO-TEST-V-SAC-2022		
Código de formato	: GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera	: CZ
Peticionario	: BACH. VEGA CORONEL HERMES	Cod. De Muestra	: E1
Ubicación	: HUANCAYO-JUNIN	Clase de material	: LIMO
Estructura	: -	Fecha de emisión	: DICIEMBRE 2022

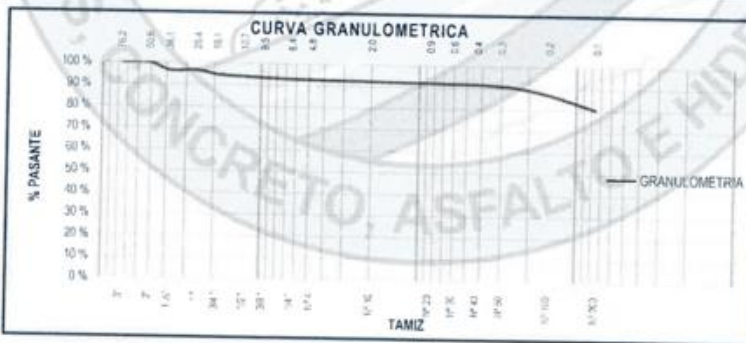
## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 339.128

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	143.60	3.41	3.41	96.59
1"	25.40	0.00	0.00	3.41	96.59
3/4"	19.05	75.50	1.79	5.21	94.79
1/2"	12.70	37.20	0.88	6.09	93.91
3/8"	9.53	20.50	0.49	6.58	93.42
1/4"	6.35	22.20	0.53	7.11	92.89
N° 4	4.75	8.50	0.20	7.31	92.69
N° 8	2.36	15.10	0.36	7.67	92.33
N° 10	2.00	3.00	0.07	7.74	92.26
N° 16	1.18	9.30	0.22	7.96	92.04
N° 20	0.85	5.40	0.13	8.09	91.91
N° 30	0.60	6.80	0.16	8.25	91.75
N° 40	0.43	5.10	0.12	8.37	91.63
N° 50	0.30	29.30	0.70	9.07	90.93
N° 60	0.25	19.60	0.47	9.53	90.47
N° 100	0.15	142.90	3.40	12.93	87.07
N° 200	0.075	288.00	6.84	19.77	80.23
FONDO		3376.2	80.23	100.00	0.00
TOTAL		4208.20	100.00 %		

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	
GRAVA	7.31 %
ARENA	12.46 %
FINO	80.23 %
<b>TOTAL</b>	<b>100.00 %</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (NTP 338.127)	
Código de recipiente	-
Masa de recipiente (g)	-
Masa de recipiente + suelo húmedo (g)	-
Masa de recipiente + suelo seco (g)	-
Masa de agua (g)	-
Masa de suelo seco (g)	-
Contenido de humedad %	-



Símbolo del grupo (SUCS) = ML  
 Nombre del grupo (SUCS) = LIMO CON ARENA  
 AASHTO = A-7 (0)



RUC: 20606529229      GEO TEST V S.A.C.  
 P.S.J. GRAU #211 - CHILCA      GEOTEST.V@GMAIL.COM  
 980329953 / 952525151      LABGEOTESTV2@GMAIL.COM

Camilla Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 196161



# LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

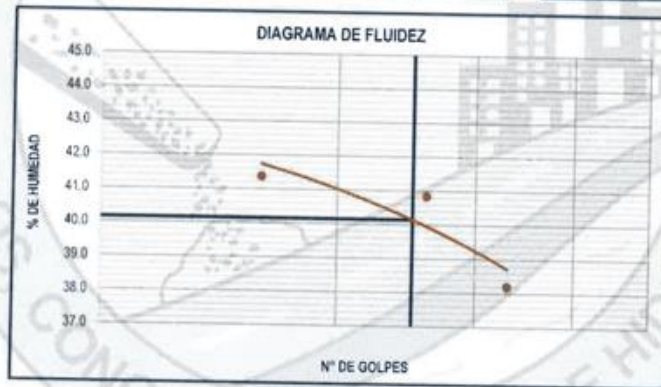
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS- EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y CEMENTO		
Expediente N°	: 228-EXP/CEO-TEST-V-SAC-2022		
Código de formato	: GM-EX-01/ REV 01/FECHA 2021-02-11	Cantera	: Cz
Peticionario	: BACH. VEGA CORONEL HERMES	Cod. De Muestra	: E1
Ubicación	: HUANCAYO-JUNIN	Clase de material	: LIMO
Estructura	: -	Fecha de emisión	: DICIEMBRE 2022

Hoja: 02 de 02

## MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS NTP 339.129

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
Nro. De cápsula	-	-	-	-	-
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	42.20	38.90	42.20	24.40	28.40
Masa cápsula + Suelo seco (g)	35.00	33.10	35.40	22.00	25.80
Masa cápsula (g)	17.60	18.90	17.60	13.80	16.90
Masa del agua (g)	7.20	5.80	6.80	2.40	2.60
Masa del suelo seco (g)	17.40	14.20	17.80	8.20	8.90
Contenido de humedad %	41.38 %	40.85 %	38.20 %	29.27 %	29.21 %
Nro. De golpes	16	26	33		



<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>
LL : 40.14

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>
LP : 29.24

<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b>
IP : 10.90



RUC: 20606529229  
 Psj. GRAU #211 - CHILCA  
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.  
 GEOTEST.V@GMAIL.COM  
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gambarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161



# LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS- EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y CEMENTO

Expediente N° : 228-EXPIGEO-TEST-V-SAC-2022

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

Peticionario : BACH. VEGA CORONEL HERMES

Ubicación : HUANCAYO-JUNIN

Estructura : 1-

Cantera : C2

Cond. De Muestra : E1

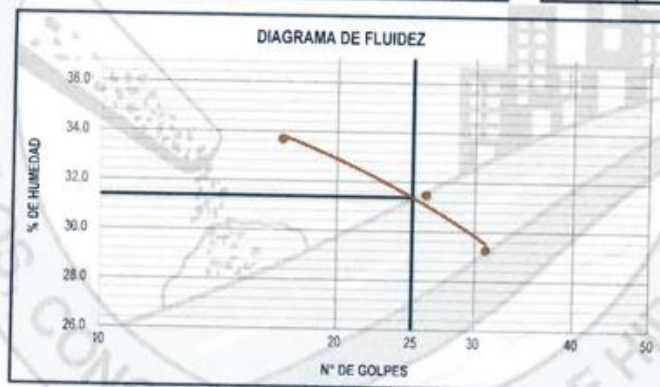
Clase de material : LIMO + 2% DE CEMENTO + 1% DE HUMO DE SILICE

Fecha de emisión : DICIEMBRE 2022

Hoja: 02 de 02

## MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS NTP 339.129

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	17	26	31	I	II
Nro. De cápsula	-	-	-	-	-
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	37.28	34.37	37.28	21.56	25.09
Masa cápsula + Suelo seco (g)	31.81	30.14	32.36	19.59	22.95
Masa cápsula (g)	15.55	16.70	15.55	12.19	14.93
Masa del agua (g)	5.48	4.23	4.92	1.97	2.14
Masa del suelo seco (g)	16.26	13.44	16.81	7.40	8.02
Contenido de humedad %	33.68 %	31.47 %	29.27 %	26.59 %	26.70 %
Nro. De golpes	17	26	31		



**LÍMITE LÍQUIDO**  
LL : 31.37

**LÍMITE PLÁSTICO**  
LP : 26.65

**ÍNDICE PLÁSTICO**  
IP : 4.72



📍 RUC: 20606529229  
📍 Ps.J. GRAU #211 - D.HILCA  
☎ 980329953 / 952525151

📧 GEO TEST V S.A.C.  
✉ GEOTEST.V@GMAIL.COM  
✉ LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198161





# LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

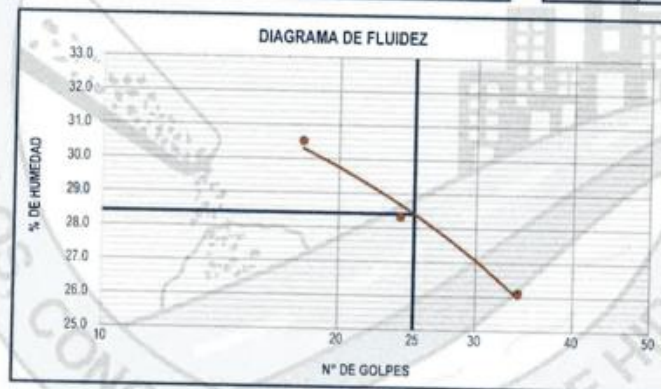
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	TESIS- EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y CEMENTO		
Expediente N°	278-EXP/GEOTEST V-SAC-2022		
Código de formato	GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera	C2
Peticionario	BACH. VEGA CORONEL HERMES	Cod. De Muestra	E1
Ubicación	HUANCAYO-JUNIN	Clase de material	LIMO + 2% DE CEMENTO + 2.3% DE HUMO DE SILICE
Estructura	-	Fecha de emisión	DICIEMBRE 2022

Hoja: 02 de 02

## MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS NTP 339.129

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	10	25	34	A	B
Nro. De capsula	-	-	-	-	-
Masa capsula + Suelo húmedo (g)	33.56	30.93	33.56	19.40	22.58
Masa capsula + Suelo seco (g)	28.98	27.42	29.50	17.77	20.81
Masa capsula (g)	13.99	15.03	13.99	10.97	13.44
Masa del agua (g)	4.58	3.51	4.05	1.63	1.77
Masa del suelo seco (g)	14.99	12.39	15.51	6.80	7.38
Contenido de humedad %	30.53 %	28.32 %	26.12 %	23.98 %	23.98 %
Nro. De golpes	18	24	34		



<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>
LL.: 28.42

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>
LP.: 23.98

<b>ÍNDICE PLÁSTICO</b>
IP.: 4.43



RUC: 20606529229  
 PSJ. GRAU #211 - CHILCA  
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.  
 GEOTEST.V@GMAIL.COM  
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161



# LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS- EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y CEMENTO  
 Expediente N° : 228-EXPIGEO-TEST-V-SAC-2022  
 Código de formato : EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11  
 Peticionario : BACH. VEGA CORONEL HERMES  
 Ubicación : HUANCAYO-JUNIN  
 Estructura : -  
 Cantera : CALICATA C1  
 N° de muestra : E1  
 Clase de material : ARCILLA  
 Norma : MTC  
 Ensayado por : A.Y.G.  
 Fecha de emisión : DICIEMBRE 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.)	5,546.0	5,647.0	5,727.0	5,714.0
Peso molde (gr.)	3,760.0	3,760.0	3,760.0	3,760.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,786.0	1,887.0	1,967.0	1,954.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	954.4	954.4	954.4	954.4
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.871	1.977	2.061	2.047

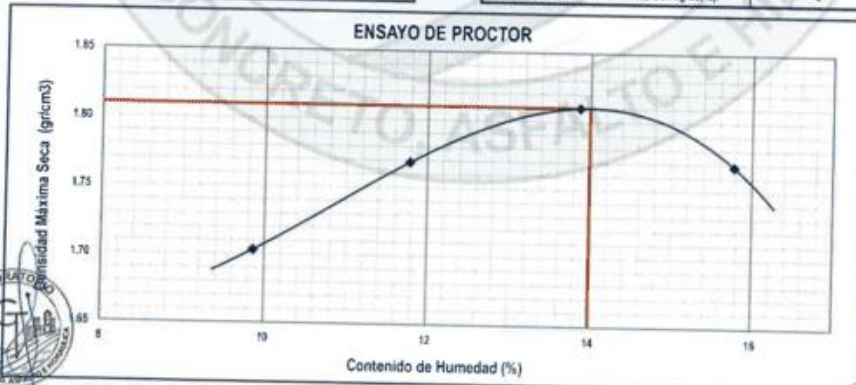
HUMEDAD (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	87.3	76.2	77.4	86.6
Tara + suelo seco (gr.)	80.7	69.6	69.7	76.8
Peso de agua (gr.)	6.6	6.6	7.7	9.8
Peso de tara (gr.)	13.8	13.6	14.2	14.7
Peso de suelo seco (gr.)	66.9	56.0	55.5	62.1
Humedad (%)	9.87	11.79	13.87	15.78
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.703	1.769	1.810	1.768

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

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
PESO (g)	3,760.0
VOLUMEN (CM <sup>3</sup> )	954.4

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.810
Óptimo Contenido de Humedad (%)	13.99

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



RUC: 20606529229  
 Ps. J. GRAU #211 - CHILCA  
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.  
 GEOTEST.V@GMAIL.COM  
 LABGEOESTV@2@GMAIL.COM



Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161



# LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

**Proyecto** : TESIS- EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y CEMENTO  
**Expediente N°** : 228-EX/GEOTEST-V-SAC-2022  
**Código de formato** : EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11  
**Peticionario** : BACH. VEGA CORNEL HERMES  
**Ubicación** : HUANCAYO-JUNIN  
**Estructura** : -  
**Cantera** : CALICATA C1  
**N° de muestra** : E1  
**Clase de material** : ARCILLA+2% DE CEMENTO + 1% DE HUMO DE SILICE  
**Norma** : MTC  
**Ensayado por** : A.Y.G.  
**Fecha de emisión** : DICIEMBRE 2022

## PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

Hoja : 01 DE 01

### COMPACTACION

	5	5	5	5
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5,628.0	5,723.0	5,728.0	5,696.0
Peso molde (gr.)	3,760.0	3,760.0	3,760.0	3,760.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,868.0	1,963.0	1,968.0	1,936.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	954.4	954.4	954.4	954.4
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.957	2.057	2.062	2.028

### HUMEDAD (%)

	1	2	3	4
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	87.8	88.8	74.4	75.6
Tara + suelo seco (gr.)	79.3	78.8	66.0	65.0
Peso de agua (gr.)	8.5	10.0	8.4	10.6
Peso de tara (gr.)	17.0	14.2	16.8	10.7
Peso de suelo seco (gr.)	62.3	64.6	49.2	54.3
Humedad (%)	13.64	15.48	17.07	19.52
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.722	1.781	1.761	1.697

### DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4"	4"	6"

### CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE

PESO (g)	3,760.0
VOLUMEN (CM <sup>3</sup> )	954.4

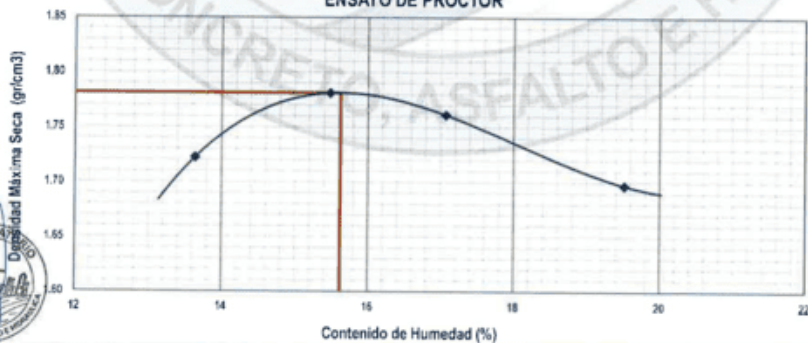
### RESULTADOS DE PROCTOR

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.781
Óptimo Contenido de Humedad (%)	15.62

### RESULTADOS DE PROCTOR CORREGIDO

Máxima Densidad Seca Corregido (gr/cm <sup>3</sup> )	-
Óptimo Contenido de Humedad Corregido(%)	-

### ENSAYO DE PROCTOR



▲ RUC: 20606529229  
 📍 Psj. GRAU #211 - CHILCA  
 ☎ 980329953 / 952525151

🌐 GEO TEST V S.A.C.  
 ✉ GEOTEST.V@GMAIL.COM  
 📧 LABGEOTESTV@2@GMAIL.COM



Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 196161



# LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS- EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y CEMENTO  
 Expediente N° : 228-EXP/GEO-TEST-V-SAC-2022  
 Código de formato : EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11  
 Peticionario : BACH. VEGA CORONEL HERMES  
 Ubicación : HUANCAYO-JUNIN  
 Estructura : 1-  
 Cantera : CALICATA C1  
 N° de muestra : E1  
 Clase de material : ARCILLA+2% DE CEMENTO + 2.5% DE HUMO DE SILICE  
 Norma : MTC  
 Ensayado por : A.Y.G.  
 Fecha de emisión : DICIEMBRE 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.)	5,645.0	5,710.0	5,721.0	5,694.0
Peso molde (gr.)	3,760.0	3,760.0	3,760.0	3,760.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,885.0	1,950.0	1,961.0	1,934.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	954.4	954.4	954.4	954.4
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.975	2.043	2.055	2.026

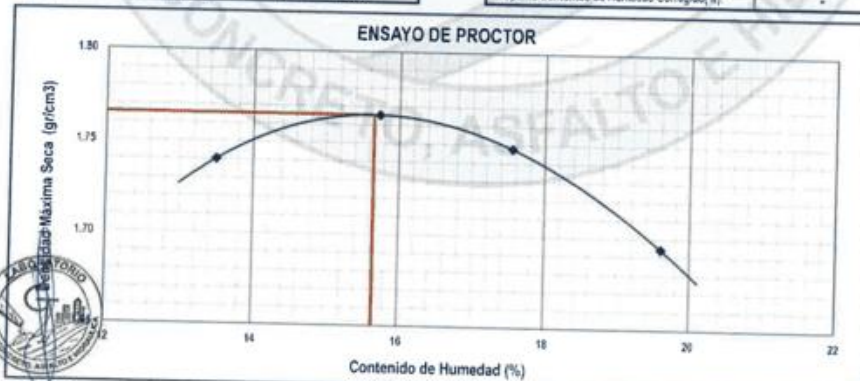
HUMEDAD (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	84.0	75.7	74.0	81.2
Tara + suelo seco (gr.)	75.7	67.0	65.1	70.3
Peso de agua (gr.)	8.3	8.7	8.9	10.9
Peso de tara (gr.)	14.2	11.7	14.4	14.7
Peso de suelo seco (gr.)	61.5	55.3	50.7	55.6
Humedad (%)	13.50	15.73	17.55	19.60
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.740	1.765	1.748	1.694

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
METODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4"	6"	8"

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
PESO (g)	3,760.0
VOLUMEN (CM <sup>3</sup> )	954.4

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.765
Óptimo Contenido de Humedad (%)	15.65

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



RUC: 20606529229  
 Ps.J. GRAU #211 - CHILCA  
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.  
 GEOTEST.V@GMAIL.COM  
 LABGEOTESTV@2@GMAIL.COM



Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 196161



# LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS- EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y CEMENTO  
 Expediente N° : 228-EXPIGED-TEST-V-SAC-2022  
 Código de formato : EX-01/ REV 01/FECHA 2021-02-11  
 Peticionario : BACH. VEGA CORONEL HERMES  
 Ubicación : HUANCAYO-JUNIN  
 Estructura : -  
 Cantera : CALICATA C2  
 N° de muestra : E1  
 Clase de material : LIMO  
 Norma : MTC  
 Ensayado por : A.Y.G.  
 Fecha de emisión : DICIEMBRE 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.)	5,638.0	5,730.0	5,779.0	5,769.0
Peso molde (gr.)	3,760.0	3,760.0	3,760.0	3,760.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,878.0	1,970.0	2,019.0	2,009.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	954.4	954.4	954.4	954.4
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.968	2.064	2.115	2.105

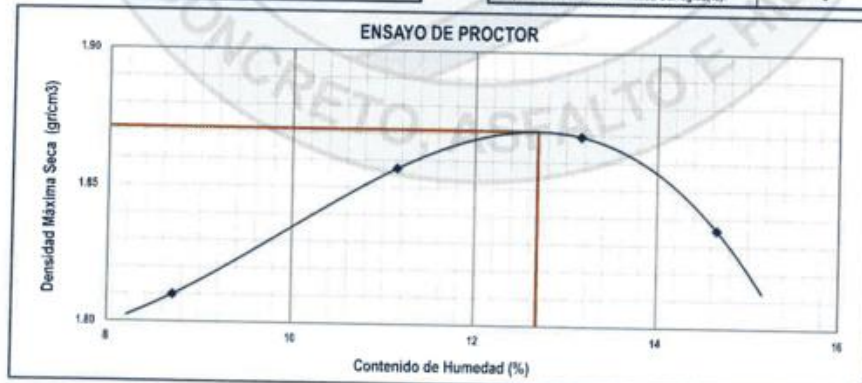
HUMEDAD (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	89.4	107.9	114.5	105.3
Tara + suelo seco (gr.)	83.5	98.6	102.8	93.6
Peso de agua (gr.)	5.9	9.3	11.7	11.7
Peso de tara (gr.)	15.8	15.2	13.9	13.8
Peso de suelo seco (gr.)	67.7	83.4	88.9	79.8
Humedad (%)	8.71	11.15	13.16	14.66
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.810	1.857	1.869	1.836

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

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
PESO (g)	3,760.0
VOLUMEN (CM <sup>3</sup> )	954.4

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.871
Óptimo Contenido de Humedad (%)	12.69

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



RUC: 20606529229  
 P.B.J. GRAL #211 - CHILCA  
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.  
 GEOTEST.V@GMAIL.COM  
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM



Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 196161



# LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS- EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y CEMENTO

Expediente N° : 228-EXPIGED-TEST-V-SAC-2022

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

Peticionario : BACH. VEGA CORONEL HERMES

Ubicación : HUANCAYO-JUNIN

Estructura : -

Cantera : CALICATA C2

N° de muestra : E1

Clase de material : LIMO + 2% DE CEMENTO +1% DE HUMO DE SILICE

Norma : MTC

Ensayado por : A.Y.G.

Fecha de emisión : DICIEMBRE 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	5,703.0	5,719.0	5,702.0
Peso molde (gr.)	3,760.0	3,760.0	3,760.0	3,760.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,850.0	1,943.0	1,959.0	1,942.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	954.4	954.4	954.4	954.4
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.936	2.036	2.053	2.035

HUMEDAD (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	103.8	98.3	89.0	101.0
Tara + suelo seco (gr.)	96.5	90.4	80.2	88.9
Peso de agua (gr.)	7.3	7.9	8.8	12.1
Peso de tara (gr.)	13.0	17.5	14.1	13.7
Peso de suelo seco (gr.)	83.5	72.9	66.1	75.2
Humedad (%)	8.74	10.84	13.31	16.09
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.783	1.837	1.811	1.753

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

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
PESO (g)	3,760.0
VOLUMEN (CM <sup>3</sup> )	954.4

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.838
Óptimo Contenido de Humedad (%)	11.17

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



▲ RUC: 20606529229  
 📍 Psj. GRAU #211 - CHILCA  
 ☎ 980329953 / 952525151

📍 GEO TEST V S.A.C.  
 ✉ GEDTEST.V@GMAIL.COM  
 📧 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM



Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 196101



# LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS- EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y CEMENTO  
 Expediente N° : 228-EXP/IGEO-TEST-V-SAC-2022  
 Código de formato : EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11  
 Peticionario : BACH. VEGA CORONEL HERMES  
 Ubicación : HUANCAYO-JUNIN  
 Estructura : -  
 Cantera : CALICATA C2  
 N° de muestra : E1  
 Clase de material : LIMO + 2% DE CEMENTO +2.5% DE HUMO DE SILICE  
 Norma : MTC  
 Ensayado por : A.Y.G.  
 Fecha de emisión : DICIEMBRE 2022

## PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

Foja : 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5,420.0	5,580.0	5,710.0	5,694.0
Peso molde (gr.)	3,760.0	3,760.0	3,760.0	3,760.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,660.0	1,820.0	1,950.0	1,934.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	954.4	954.4	954.4	954.4
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.739	1.907	2.043	2.026

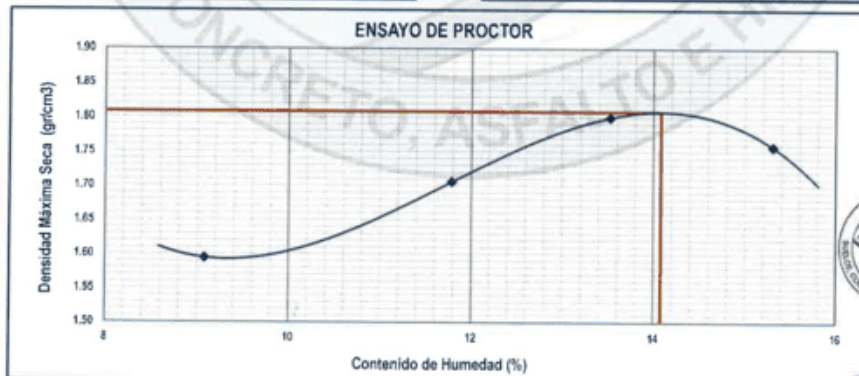
HUMEDAD (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	101.6	112.6	98.0	116.8
Tara + suelo seco (gr.)	94.2	102.0	88.1	102.9
Peso de agua (gr.)	7.4	10.6	9.9	13.9
Peso de tara (gr.)	12.7	12.1	14.9	12.1
Peso de suelo seco (gr.)	81.5	89.9	73.2	90.8
Humedad (%)	9.08	11.79	13.52	15.31
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.595	1.706	1.800	1.757

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

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
PESO (g)	3,760.0
VOLUMEN (CM <sup>3</sup> )	954.4

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.808
Óptimo Contenido de Humedad (%)	14.08

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



▲ RUC: 20606529229  
 ◆ PS.J. GRAU #211 - CHILCA  
 ☎ 980329953 / 952525151

📍 GEO TEST V S.A.C.  
 ✉ GEOTEST.V@GMAIL.COM  
 📧 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM



Luis Gamárta Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 196161



# LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS- EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y CEMENTO	
Expediente N°	: 228-EXP/GEOTEST-V-SAC-2022	
Código de formato	: GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera : C2
Peticionario	: BACH. VEGA CORONEL HERMES	Cod. De Muestra : E1
Ubicación	: HUANCAYO JUNIN	Clase de material : LIMO
Estructura	: -	Fecha de emisión : DICIEMBRE 2022

## DETERMINACION DE LOS FACTORES DE CONTRACCION DE LOS SUELOS MTC E 112

SUELO LIMOSO CONVENCIONAL

DESCRIPCION	LIMITE DE CONTRACCION	
Nro. De capsula	-	-
Masa capsula + Suelo humedo (g)	38.70	38.50
Masa capsula + Suelo seco (g)	35.63	35.44
Masa capsula (g)	21.30	21.30
Masa del agua (g)	3.07	3.06
Masa del suelo seco (g)	14.33	14.14
Volumen Humedo	16.50	16.50
Volumen Seco	15.83	15.89
Contenido de humedad %	21.40	21.60
Limite de Contraccion	16.70	17.30
Limite de Contraccion %	17	

LIMO +2% DE CEMENTO + 1% DE HUMO DE SILICE

DESCRIPCION	LIMITE DE CONTRACCION	
Nro. De capsula	-	-
Masa capsula + Suelo humedo (g)	38.70	38.50
Masa capsula + Suelo seco (g)	35.63	35.44
Masa capsula (g)	21.30	21.30
Masa del agua (g)	3.07	3.06
Masa del suelo seco (g)	14.33	14.14
Volumen Humedo	16.50	16.50
Volumen Seco	15.53	15.68
Contenido de humedad %	21.40	21.60
Limite de Contraccion	14.60	15.80
Limite de Contraccion %	15.2	

LIMO +2% DE CEMENTO + 2.5% DE HUMO DE SILICE

DESCRIPCION	LIMITE DE CONTRACCION	
Nro. De capsula	-	-
Masa capsula + Suelo humedo (g)	38.70	38.50
Masa capsula + Suelo seco (g)	35.63	35.44
Masa capsula (g)	21.30	21.30
Masa del agua (g)	3.07	3.06
Masa del suelo seco (g)	14.33	14.14
Volumen Humedo	16.50	16.50
Volumen Seco	15.22	15.35
Contenido de humedad %	21.40	21.60
Limite de Contraccion	12.50	13.50
Limite de Contraccion %	13	



RUC: 20606529229  
 Ps.J. BRAU #211 - DILDA  
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.  
 GEOTEST.V@GMAIL.COM  
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarrá Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198101





# LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS- EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS VOLUMÉTRICOS EN ARCILLAS Y LIMOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE HUMO DE SILICE Y CEMENTO		
Expediente N°	: 228-EXP/GEOTEST-V-SAC-2022		
Código de formato	: GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera	: C1
Peticionario	: BACH. VEGA CORONEL HERMES	Cod. De Muestra	: E1
Ubicación	: HUANCAYO-JUNIN	Clase de material	: ARCILLA
Estructura	: 1=	Fecha de emisión	: DICIEMBRE 2022

## DETERMINACION DE LOS FACTORES DE CONTRACCIÓN DE LOS SUELOS

MTC E 112

SUELO ARCILLOSO CONVENCIONAL

DESCRIPCIÓN	LÍMITE DE CONTRACCIÓN	
Nro. De cápsula	-	-
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	38.50	39.00
Masa cápsula + Suelo seco (g)	35.07	35.45
Masa cápsula (g)	21.30	21.30
Masa del agua (g)	3.43	3.55
Masa del suelo seco (g)	13.77	14.15
Volumen Húmedo	16.50	16.50
Volumen Seco	14.02	14.24
Contenido de humedad %	24.90	25.10
Límite de Contracción	6.90	9.10
Límite de Contracción %	8	

ARCILLA +2% DE CEMENTO + 1% DE HUMO DE SILICE

DESCRIPCIÓN	LÍMITE DE CONTRACCIÓN	
Nro. De cápsula	-	-
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	37.90	38.00
Masa cápsula + Suelo seco (g)	34.38	34.62
Masa cápsula (g)	21.30	21.30
Masa del agua (g)	3.52	3.38
Masa del suelo seco (g)	13.08	13.32
Volumen Húmedo	16.50	16.50
Volumen Seco	13.96	14.10
Contenido de humedad %	26.90	25.40
Límite de Contracción	7.60	7.40
Límite de Contracción %	7.5	

ARCILLA +2% DE CEMENTO + 2.5% DE HUMO DE SILICE

DESCRIPCIÓN	LÍMITE DE CONTRACCIÓN	
Nro. De cápsula	-	-
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	38.70	38.50
Masa cápsula + Suelo seco (g)	35.63	35.50
Masa cápsula (g)	21.30	21.30
Masa del agua (g)	3.07	3.00
Masa del suelo seco (g)	14.33	14.20
Volumen Húmedo	16.50	16.50
Volumen Seco	14.14	14.37
Contenido de humedad %	21.40	21.10
Límite de Contracción	4.90	6.10
Límite de Contracción %	5.5	



📍 RUC: 20606529229  
📍 Psj. GRAU #211 - D.H.L.C.A.  
📞 980329953 / 952525151

📍 GEO TEST V S.A.C.  
✉️ GEOTEST.V@GMAIL.COM  
✉️ LABGEOTESTV2@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198161

**Anexo N°03: Fichas de laboratorio y Certificados de calibración.**



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (NTP 339.128 (1999) -ASTM D 422-MTC E 107) Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (ASTM D 2216-MTC E 108-NTP 339.127)**

Proyecto: \_\_\_\_\_

Calicata: \_\_\_\_\_ Estrato: \_\_\_\_\_

Fecha de recepción: \_\_\_\_\_ Fecha del ensayo: \_\_\_\_\_

Elaborado por: \_\_\_\_\_

CONTENIDO DE HUMEDAD	Peso de la muestra	
Código del recipiente		
Masa de recipiente (g)		
Masa del recipiente + suelo húmedo (g)		
Masa del recipiente + suelo seco (g)		

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)
3"	75.00	
2"	50.00	
1 1/2"	37.50	
1"	25.00	
3/4"	19.00	
3/8"	9.50	
Nº 4	4.75	
Nº 8	2.36	
Nº 10	2.00	
Nº 16	1.18	
Nº 20	0.85	
Nº 30	0.60	
Nº 40	0.43	
Nº 50	0.30	
Nº 60	0.25	
Nº 100	0.15	
Nº 140	0.16	
Nº 200	0.075	
FONDO	—	

**Masa total de la muestra**

Masa inicial (g): \_\_\_\_\_

Masa final (g): \_\_\_\_\_



**ENSAYO DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS  
NTP 339.129 (2014)-ASTM D 4318-MTC E 110-111**

Proyecto: \_\_\_\_\_

Calicata: \_\_\_\_\_ Estrato: \_\_\_\_\_

Fecha de recepción: \_\_\_\_\_ Fecha del ensayo: \_\_\_\_\_

Elaborado por: \_\_\_\_\_

**T° del ambiente** = \_\_\_\_\_

**T° del horno** = \_\_\_\_\_

MUESTRA	LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110)			LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111)	
Nº de capsula					
Masa de la tara					
Masa tara + Suelo húmedo					
Masa tara + Suelo seco					
Nº de golpes				-----	-----



**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DE SUELOS**  
**NTP 339.141-ASTM D 1557-MTC E 115**

Proyecto: \_\_\_\_\_

Calicata: \_\_\_\_\_ Estrato: \_\_\_\_\_

Fecha de recepción: \_\_\_\_\_ Fecha del ensayo: \_\_\_\_\_

Elaborado por: \_\_\_\_\_

TIPO DE MÉTODO	CANTIDAD (gr)	PORCENTAJE (%)
Retenido Tamiz 1"		
Retenido Tamiz 3/4"		
Retenido Tamiz 3/8"		
Retenido Tamiz N°4"		
Pasante del tamiz N°4"		
Suma		

Método =

OCH =

MDS =

COMPACTACIÓN				
ENSAYO N°	1	2	3	4
N° de capas	5	5	5	5
N° de golpes				
Masa del molde (g)				
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )				
% de agua				
Masa suelo húmedo + molde (g)				
HUMEDAD (%)				
N° de tara				
Masa de tara (g)				
Masa de tara + suelo húmedo (g)				
Masa de tara + suelo seco (g)				



DETERMINACION DE LOS FACTORES DE CONTRACCIÓN DE LOS SUELOS

MTC E 112

DESCRIPCIÓN	LÍMITE DE CONTRACCIÓN	
Nro. De cápsula		
Masa cápsula + Suelo humedo (g)		
Masa cápsula + Suelo seco (g)		
Masa cápsula (g)		
Masa del agua (g)		
Masa del suelo seco (g)		
Volumen Humedo		
Volumen Seco		
Contenido de humedad %		
Limite de Contracción		
Limite de Contracción %		



**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

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

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

**2. INSTRUMENTO DE MEDICION** : **BALANZA**

**MARCA** : OHAUS  
**MODELO** : R31P30  
**NÚMERO DE SERIE** : NO INDICA  
**ALCANCE DE INDICACION** : 30 000 g  
**DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCION** : 1 g  
**DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN ( e )** : 10 g  
**CLASE DE EXACTITUD** : III  
**PROCEDENCIA** : CHINA  
**IDENTIFICACION** : BAL-02 (\*)  
**TIPO** : ELECTRÓNICA  
**UBICACION** : 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 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 CALIBRACION**

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 CALIBRACION**

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**  
**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 MEDICION** : **BALANZA**

MARCA : OHAUS

MODELO : NV622

NÚMERO DE SERIE : 8340086798

ALCANCE DE INDICACION : 620 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCION : 0,01 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN ( e ) : 0,1 g

CLASE DE EXACTITUD : III

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACION : NO INDICA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACION : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

FECHA DE CALIBRACION : 2022-02-21

**3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION**

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 CALIBRACION**

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

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.

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

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LT - 061 - 2022***Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura*

Página 1 de 6

1. Expediente	200244
2. Solicitante	ORDOÑEZ CAMPOSANO VLADIMIR
3. Dirección	Jr Grau 211, Huancayo - JUNIN
4. Equipo	HORNO
Alcance Máximo	De 0 °C a 300 °C
Marca	A&A INSTRUMENTS
Modelo	STHX-3A
Número de Serie	190944
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
Ubicación	NO INDICA

Este certificado de calibración 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 calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, 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.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	0 °C a 300 °C	0 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	DIGITAL	TERMÓMETRO DIGITAL

Este certificado de calibración 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.

**5. Fecha de Calibración 2022-06-08**

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2022-06-10


**ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ**



**INFORME DE VERIFICACIÓN  
MT - IV - 170 - 2022***Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud*

Página 1 de 3

1. Expediente	200242	<p>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).</p> <p>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.</p> <p>METROLOGÍA &amp; 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.</p> <p>Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
2. Solicitante	ORDOÑEZ CAMPOSANO VLADIMIR	
3. Dirección	Jr Grau 211, Huancayo - JUNIN	
4. Instrumento de medición	CAZUELA CASAGRANDE	
Marca	FORNEY	
Modelo	LA-3715	
Procedencia	U.S.A.	
Número de Serie	542	
Código de identificación	NO INDICA	
Tipo de contador	ANALÓGICO	
5. Fecha de Verificación	2022-06-04	

Fecha de Emisión

2022-06-08

Jefe del Laboratorio de Metrología

  
ELEAZAR CÉSAR CHÁVEZ RARAZ

Sello



*Metrología & Técnicas S.A.C.*  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPC: 940037490

email: [metrologia@metrologiatecnicas.com](mailto:metrologia@metrologiatecnicas.com)  
[ventas@metrologiatecnicas.com](mailto:ventas@metrologiatecnicas.com)  
[calidad@metrologiatecnicas.com](mailto:calidad@metrologiatecnicas.com)  
WEB: [www.metrologiatecnicas.com](http://www.metrologiatecnicas.com)

**Anexo N°04: Registros fotográficos**

## 1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - LIMO

*Fotografía N° 1: Análisis granulométrico, referencia norma MTC E 107.*



**FUENTE:** Elaboración propia.

## 2. LIMITES DE CONSISTENCIA

*Fotografía N° 2: Determinación del Límite Líquido, referencia de la norma MTC E 110.*



**FUENTE:** Elaboración propia.

*Fotografía N° 3: Determinación del Limite Plástico; referencia de la norma MTC E 111.*



**FUENTE:** Elaboración propia.

### 3. PROCTOR MODIFICADO

*Fotografía N° 4: Compactación del suelo en laboratorio con el uso de energía modificada, referencia de la norma MTC E 115.*



**FUENTE:** Elaboración propia.

*Fotografía N° 5: Compactación del material, dentro del molde en 5 capas, con 25 golpes, referencia de la norma MTC E 115.*



**FUENTE:** Elaboración propia.

#### **4. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ARCILLAS**

*Fotografía N° 6: Análisis granulométrico, referencia norma MTC E 107.*



**FUENTE:** Elaboración propia.

#### **5. LIMITES DE CONSISTENCIA**

**Fotografía N° 7: Determinación del Limite Líquido, referencia de la norma MTC E 110.**



**FUENTE:** Elaboración propia.

**Fotografía N° 8: Determinación del Limite Plástico; referencia de la norma MTC E 111.**



**FUENTE:** Elaboración propia.

## **6. PROCTOR MODIFICADO**

**Fotografía N° 9:** Compactación del suelo en laboratorio con el uso de energía modificada, referencia de la norma MTC E 115.



**FUENTE:** Elaboración propia.

**Fotografía N° 10:** Compactación del material, dentro del molde en 5 capas, con 25 golpes, referencia de la norma MTC E 115.



**FUENTE:** Elaboración propia.