



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

“Incorporación de sillar blanco para la estabilización de suelo en la Av.  
Universitaria, Distrito de Carabayllo – 2021”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Civil**

**AUTORA:**

García Onorbe Erika del Pilar (ORCID: 0000-0001-6288-3417)

**ASESOR:**

Mg. Benites Zúñiga, José Luis (ORCID: 0000-0003-4459-494X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ  
2021

### **Dedicatoria**

Esta presente investigación está dedicada a mis padres, Wilson García Velásquez que hasta el día de hoy me brinda sus consejos y Carmen Onorbe Ríos que a pesar de su partida al cielo sigue en mi corazón guiándome, por el apoyo incondicional que siempre me brindaron, por alentarme a continuar a pesar de todas las dificultades que se presentaron, por inculcarme buenos valores y principios , por confiar en que podría lograr una de mis metas y porque gracias a su sacrificios pudieron inculcarme educación.

### **Agradecimiento**

Principalmente agradezco a Dios y a mis padres Wilson y Carmen por el apoyo que me brindaron en toda esta etapa. A mi asesor el Ing. Benites que me guío en el desarrollo de mi investigación, a mi pareja por su apoyo para no rendirme y alentarme en esta etapa. A todas las personas que me apoyaron para que esta investigación se pueda llevar a cabo.

## Índices de contenidos

Caratula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice De Contenidos .....	iv
Índice De Tablas .....	v
Índice De Gráficos Y Figuras .....	vi
Resumen .....	ix
Abstract .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	26
3.1. Tipo Y Diseño De Investigación .....	26
3.2. Variables Y Operacionalización .....	27
3.3. Población, Muestra Y Muestreo .....	30
3.4 Técnicas E Instrumentos De Recolección De Datos .....	31
3.5 Procedimientos .....	32
3.6 Método De Análisis De Datos .....	34
3.7 Aspectos Éticos .....	35
IV. RESULTADOS .....	36
V. DISCUSIONES .....	49
VI. CONCLUSIONES .....	63
VII. RECOMENDACIONES .....	65
REFERENCIAS .....	66
ANEXOS .....	70

## Índice De Tablas

Tabla 1. Tipos del sillar.....	17
Tabla 2. Propiedades de sillar.....	19
Tabla 3. Métodos de Estabilización.....	23
Tabla 4. Método para el Análisis de Datos.....	34
Tabla 5. Clasificación de Suelo C-01, C-02 y C-03.....	40
Tabla 6. Resultados del ensayo Proctor Modificado y CBR C-01, C-02 y C-03.....	41
Tabla 7. MDS y OCH incorporando 2%, 4% y 6% de Sillar Blanco.....	43
Tabla 8. Porcentaje de Expansión incorporando 2%, 4% y 6% de Sillar Blanco.....	45
Tabla 9. CBR incorporando 2%, 4% y 6% de Sillar Blanco.....	47

## Índice De Figuras y Gráficos

Figura 1. Fragmento de Sillar.....	2
Figura 2. Deposito natural del sillar blanco.....	13
Figura 3. Tufo Piroclástico.....	13
Figura 4. Sedimentaciones de la ceniza formando las canteras del Sillar.....	14
Figura 5. Expulsión de material ígneo debido a la erupción volcánica.....	15.
Figura 6. Composición Mineralógica Microscópicamente.....	16
Figura 7. Composición Mineralógica Macroscópicamente.....	17
Figura 8. Sillar Blanco.....	18
Figura 9. Sillar Rosado.....	18
Figura 10. Rutas del sillar.....	20
Figura 11. Extracción del Sillar.....	21
Figura 12. Estabilización de Suelo.....	22
Figura 13. Sillar en bloque.....	28
Figura 14. Estabilización de Suelo.....	29
Figura 15. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	31
Figura 16. Mapa Político del Perú.....	36
Figura 17. Mapa Político del Departamento de Lima.....	36
Figura 18. Mapa de la Provincia de Lima.....	37
Figura 19. Mapa del Distrito de Carabaylo.....	37
Figura 20. Distrito de Carabaylo.....	38
Figura 21. Distrito de Carabaylo vía satelital.....	38
Figura 22. Calicata 01 km 24+000.....	39
Figura 23. Calicata 02 km 24+500.....	39
Figura 24. Calicata 01 km 25+000.....	39
Figura 25. Ensayo de Granulometría de las 03 calicatas.....	40

Figura 26. Ensayo de Límite Líquido de las 03 calicatas.....	40
Figura 27. Ensayo de Límite Plástico de las 03 calicatas.....	40
Figura 28. Molde de Compactación Proctor Modificado.....	41
Figura 29. Ensayo de CBR C-03.....	41
Figura 30. Molde Proctor Modificado incorporando el 6% de sillar blanco.....	42
Figura 31. Muestra extraída del molde Proctor con el 6% de sillar blanco.....	42
Figura 32. Molde de CBR con la adición (2%,4% y 6%) de sillar blanco sumergidos en la poza de saturación.....	45
Figura 33. Lectura de expansión con el deformímetro.....	45
Figura 34. Ensayo de CBR con la incorporación de sillar blanco.....	47
Figura 35. Molde de CBR con la adición (2%, 4% y 6%) de sillar ensayados.....	47
Gráfico 1. Densidad Máxima seca incorporando 2%, 4% y 6% de sillar blanco.....	43
Gráfico 2. Contenido Optimo de Humedad incorporando 2%, 4% y 6% de sillar blanco.....	44
Gráfico 3. Porcentaje de Expansión incorporando 2%, 4% y 6% de sillar blanco.....	46
Gráfico 4. Valores de CBR incorporando 2%, 4% y 6% de sillar blanco.....	48
Gráfico 5. Densidad Máxima seca incorporando 2%, 4% y 6% de sillar blanco.....	49
Gráfico 6. Contenido Optimo de Humedad incorporando 2%, 4% y 6% de sillar blanco.....	50
Gráfico 7. Densidad Máxima seca incorporando 8%, 13% y 18% de Ignimbríta Blanca.....	51
Gráfico 8. Contenido Optimo de Humedad incorporando 8%, 13% y 18% de Ignimbríta Blanca.....	51
Gráfico 9. Densidad Máxima seca incorporando 9%, 15% y 21% de Cal.....	52

Gráfico 10. Contenido Optimo de Humedad incorporando 9%, 15% y 21% de Cal.....	53
Gráfico 11. Densidad Máxima seca incorporando 2.5%, 7.5% y 12.5% de Cal.....	54
Gráfico 12. Contenido Optimo de Humedad incorporando 2.5%, 7.5% y 12.5% de Cal.....	54
Gráfico 13. Porcentaje de Expansión incorporando 2%, 4% y 6% de sillar blanco.....	55
Gráfico 14. Porcentaje de Expansión incorporando 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca.....	56
Gráfico 15. Porcentaje de Expansión incorporando 2.5%, 7.5% y 12.5% de Cal.....	57
Gráfico 16. Valores de CBR incorporando 2%, 4% y 6% de sillar blanco.....	58
Gráfico 17. Valores de CBR incorporando 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca.....	59
Gráfico 18. Valores de CBR incorporando 9%, 15% y 21% de Cal.....	60
Gráfico 19. Valores de CBR incorporando 2.5%, 7.5% y 12.5% de Cal.....	61

## Resumen

La presente investigación titulada “Incorporación de sillar blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabaylo - 2021” tiene como objetivo principal estabilizar el suelo incorporando sillar blanco en la Av. Universitaria, Distrito de Carabaylo; su metodología es de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, diseño experimental-cuasi experimental y nivel descriptivo-explicativo, tiene como población a más de 24 km de la av. Universitaria y su muestra está comprendida de 1km en el cual se realizaron 03 calicatas. Los resultados obtenidos mostraron que según los parámetros de la Norma de Carreteras “ Suelo y Geotecnia y Pavimentos” el suelo de esta zona muestra una subrasante pobre, así mismo se obtuvo los resultados incorporando el sillar blanco (2%,4% y 6%) el cual influye en el suelo aumentando su Máxima Densidad Seca de 1.928 gr/cm<sup>3</sup> a 1.997 gr/cm<sup>3</sup> y su Óptimo Contenido de Humedad de 13.5% a 13.7%, la expansión del suelo disminuyó de 0.52 % a 0.39%, finalmente el C.B.R aumentó de 4.7% a 12.1%, por lo tanto se concluye que la incorporación de este material influyó positivamente en la estabilización de suelo, siendo su dosificación optima el 6% de sillar ya que todo está dentro de los parámetros establecido para el diseño de carreteras.

**Palabras clave:** Estabilización, Sillar Blanco, Proctor Modificado, C.B.R.

## **Abstract**

The present investigation entitled "Incorporation of white ashlar for soil stabilization in Av. Universitaria, District of Carabayllo - 2021" has as main objective to stabilize the soil incorporating white ashlar in Av. Universitaria, District of Carabayllo; Its methodology is of an applied type, quantitative approach, experimental-quasi-experimental design and descriptive-explanatory level, its population is more than 24 km from the av. University and its sample is comprised of 1km in which 03 pits were made. The results obtained showed that according to the parameters of the Highway Standard "Soil and Geotechnics and Pavements" the soil in this area shows a poor subgrade, likewise the results were obtained incorporating white ashlar (2%, 4% and 6%) which influences the soil by increasing its Maximum Dry Density from 1,928 gr / cm<sup>3</sup> to 1,997 gr / cm<sup>3</sup> and its Optimal Moisture Content from 13.5% to 13.7%, the expansion of the soil decreased from 0.52% to 0.39%, finally the CBR increased from 4.7% to 12.1%, therefore it is concluded that the incorporation of this material positively influenced soil stabilization, its optimal dosage being 6% of ashlar since everything is within the parameters established for the design of roads.

**Keywords:** Stabilization, White Ashlar, Modified Proctor, C.B.R.

## I. INTRODUCCIÓN

Hace un tiempo atrás, si un proyecto tenía un suelo de bajas propiedades, la única forma de continuar era mediante el uso del “reemplazo de material”, la cual consta de extraer el suelo y reemplazarlo por un suelo que cumpla con los parámetros de la norma, aun se sigue utilizando este tipo de método, pero su uso ya es mínimo, ya que al reemplazar un suelo por otro es muy costoso por ello se propuso una nueva alternativa.

En la actualidad se viene fomentando el uso de la estabilización de suelos, la cual consta de aplicar productos cuya finalidad sea la de mejorar las propiedades del suelo, siempre y cuando puedan ser comprobados los resultados utilizando los ensayos correspondientes; todo esto sirve para que el profesional a la hora de mejorar el suelo tenga que en cuenta cuanto porcentaje usar del material estabilizante y en donde aplicarlo.<sup>1</sup>

A nivel mundial los métodos para el mejoramiento de los suelos mediante el uso de estabilizadores, fueron aumentando en países como España, Francia, Colombia y Estados Unidos fueron innovadores usando Cal, Cemento, Productos Orgánicos y Productos Bituminosos, con la finalidad de aumentar las propiedades físico-mecánicas del suelo, y a su vez disminuir su expansión.

En el Perú no solo se cuenta con una variedad de fauna y flora, muy por el contrario, también se tiene una diversidad de biomas y suelos, están desde los suelos rocosos, arenosos y arcillosos - limosos, por ello dependen mucho del clima y la ubicación geográfica, esto trae como consecuencia que al tener un país con suelos muy diversos; los parámetros y los métodos para un mejoramiento de suelo varíen de lugar en lugar.

El departamento de Lima cuenta con una diversidad de suelos, hay suelos muy malos con índices de plasticidad muy alta y suelos muy buenos con niveles de humedad óptimos y baja expansión.

---

<sup>1</sup> (MONTEJO, y otros, 2020 pág. 134)

El distrito de Carabayllo es muy grande, sin embargo, la gran mayoría del suelo de este distrito, cuenta con un suelo arcilloso, por lo cual geotécnicamente hablando no es un suelo apto para un proyecto de construcción, ya que no cumple con los parámetros de diseño requeridos por las normas del MTC;

El material que se propone es muy conocido en la región de Arequipa, estamos hablando del “sillar”; también llamada ignimbrita o toba volcánica; este material tiene un origen volcánico que se remonta a 13 millones de años y se tiene la teoría de que es el producto de una gran explosión volcánica de alguno de los volcanes de Arequipa.<sup>2</sup>



**Figura 1.** Fragmento de Sillar

En la actualidad el sillar blanco está siendo muy explotado para la construcción de muros perimetrales, y fines decorativos, Sin embargo, se está omitiendo el gran potencial que podría tener si se llegara a usarse como un estabilizador de suelos, ya que, la composición mineralógica del sillar comparte muchos elementos con algunos materiales usados en el cemento y la cal.

Por ello La presente investigación tiene como objetivo principal estabilizar el suelo incorporando sillar blanco (pulverizado) en sus diferentes dosificaciones de 2%, 4%, 6% a nivel de subrasante en la av. universitaria, en el distrito de Carabayllo buscando así que el suelo sea apto y tenga los parámetros de diseño que la norma del MTC establece.

---

<sup>2</sup> (CUEVA, 2017 pág. 26)

Esta investigación tiene como problema general: ¿Con la incorporación de Sillar Blanco se estabilizará el suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabayllo - 2021?, así mismo se complementa con los siguientes problemas específicos: para empezar ¿De qué manera influirá la incorporación de sillar blanco en la densidad máxima seca y contenido óptimo de humedad del suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabayllo - 2021?, segundo ¿De qué manera influirá la incorporación de sillar blanco en la expansión del suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabayllo - 2021? y por último ¿De qué manera influirá la incorporación de sillar blanco en la resistencia del suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabayllo - 2021?

Esta investigación se Justifica Teóricamente ya que con los ensayos de laboratorio a realizar se busca obtener mayores resultados y conocimientos sobre el comportamiento del suelo adicionando diferentes dosificaciones de sillar blanco, donde se buscará una mejora en la resistencia del suelo y así mismo conocer su porcentaje óptimo, a su vez quede como antecedente para próximas investigaciones. Así mismo Esta investigación se Justifica desde la Problemática ya que un suelo con baja capacidad portante es un problema tanto a nivel nacional como internacional ya que es la base para cualquier tipo de una estructura (puentes, carreteras, presas, etc), es por ello que a pesar que existen investigaciones con diferentes métodos ya establecidos para mejorar sus propiedades, esta investigación busca un nuevo método que sea beneficioso y rentable a la vez. También se Justifica Socialmente ya que aportará a la población cercana de la zona, mejorando la transitabilidad mediante la adición de sillar blanco. Finalmente se Justifica Económicamente ya que, al proponer la adición de sillar blanco como un nuevo aditivo para estabilizar el suelo, siendo este un material económico por su fácil extracción y aplicación.

Esta investigación tiene como objetivo general: Estabilizar el suelo con la incorporación de Sillar Blanco en la Av. Universitaria, Distrito de Carabayllo – 2021, a su vez se complementa con los siguientes **objetivos específicos:** Primero Determinar la influencia de la incorporación del sillar blanco en la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad del suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabayllo – 2021, así mismo Determinar la influencia

de la incorporación del sillar blanco en el porcentaje de expansión del suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabayllo – 2021 y por ultimo Determinar la influencia de la incorporación del sillar blanco en la resistencia del suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabayllo – 2021.

Esta investigación tiene como hipótesis general: La incorporación de sillar blanco mejorará significativamente la estabilización de suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabayllo – 2021 a su vez complementándose con los siguientes hipótesis específicas: La incorporación de sillar blanco influirá positivamente en la máxima densidad seca y el óptimo contenido de Humedad del suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabayllo – 2021, segundo ver si La incorporación de sillar Blanco influirá positivamente en el porcentaje de expansión del suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabayllo – 2021 y por ultimo si La incorporación de sillar blanco influirá positivamente en la resistencia del suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabayllo – 2021

## II. MARCO TEÓRICO

Castro, (2020) en su investigación, tuvo como objetivo principal estabilizar el suelo adicionando ignimbrita blanca en dosificaciones de 8%, 13%, 18%. Siendo una investigación aplicada, ya que emplea técnicas ya establecidas y estudiadas. Con una población de 25 km de suelo a nivel de subrasante del acceso Huancarqui. Su muestra es de 03 calicatas, ubicadas entre el km 1+250 – 2+250 del acceso Huancarqui y Su muestreo es no probabilístico, Considera formatos de ensayos y fichas técnicas como instrumentos. Teniendo como resultados principales que, al añadir ignimbrita blanca su densidad máxima seca obtuvo un valor de 1.955gr/cm<sup>3</sup>, 1.941gr/cm<sup>3</sup> y 1.920gr/cm<sup>3</sup> y que los resultados de su contenido óptimo de humedad fueron de 9%, 9.1% y 9.2% a la vez se observó que el porcentaje de expansión tomó valores de 0.63%, 0.55% y 0.44%, por último el C.B.R al 95% MDS obtuvo valores de 10.1%, 7.4% y 5.5%; y el C.B.R al 100% MDS obtuvo valores de 16.5%, 12.75 y 9.7% todo esto con las dosificaciones de 8%, 13% y 18% respectivamente, por lo tanto; se puede decir que a menor adición incrementa considerablemente las propiedades del suelo teniendo en cuenta las norma y reglamentos establecidos que pide un CBR mayor a 6%, a su vez el autor aconseja el 8% de ignimbrita blanca como dosificación óptima y seguir con la investigación.

Molae, y Rivera. (2019) en su investigación, tuvo como objetivo aumentar la capacidad de soporte del suelo usando el método de la estabilización química adicionando 9%, 15% y 21% de cal, además conocer su porcentaje óptimo Siendo una investigación aplicada, ya que emplea técnicas ya establecidas y estudiadas. Cuenta con una población de suelo de la carretera Villa Rica – Oconal. Su muestra es de 200kg de muestra extraída de la calicata realizada. Su muestreo es no probabilístico, Considera formatos de ensayos y fichas técnicas como instrumentos. Obteniendo como resultados principales que, al adicionar cal el Limite Liquido tuvo como resultados de 30.18%, 27.86% y 26.43%, el Limite Plástico 23.91%, 24.57% y 24.65%, su densidad máxima seca obtuvo como resultados de 1.87agr/cm<sup>3</sup>, 1.89gr/cm<sup>3</sup> y 1.88gr/cm<sup>3</sup> y que los resultados de su contenido óptimo de humedad fueron de 14.6%, 14% y 13.6% a su vez se pudo evidenciar que el C.B.R tomó valores de 3.8%, 5.9% y 4.1% todo esto con el 9%, 15% y 21% de cal respectivamente, por lo tanto, se puede

decir que con la adición de cal la estabilización en este tipo de suelo fue significativo, además el autor recomienda que, para que este tipo de suelo se estabilice es necesario un 15% de cal.

López y Ortiz. (2018) en su investigación, tuvo como objetivo estabilizar el suelo ya existente de los jirones de Molinopata y Santo Domingo adicionando 2%, 4%, 6% y 8% de cal para luego ser usado como subrasante de un pavimento. El Tipo de investigación es exploratoria, ya que aún no han sido suficientemente estudiadas y las condiciones existentes aun no son determinadas. Tiene como población a la subrasante de las calles comprendida por la Urbanización San Luis de la ciudad de Abancay. Su muestra está comprendida por la subrasante de los jirones de Molinopata y Santo Domingo. Su muestreo es no probabilístico, Considerando formatos de ensayos y fichas como instrumentos. Teniendo como resultados principales que, al añadir cal su Índice de Plasticidad obtuvo valores de 13.8%, 7.54%, 4.78% y 7.32%; su densidad máxima seca obtuvo valores de 2.18agr/cm<sup>3</sup>, 2.20gr/cm<sup>3</sup>, 2.30gr/cm<sup>3</sup> y 2.40gr/cm<sup>3</sup> y que su contenido óptimo de humedad fueron de 9%, 4.80%, 8% y 9% a su vez evidencio que el C.B.R obtuvo valores de 17.5%, 33%, 52% y 145% todo esto con la adición del 2%, 4%, 6% y 8% de cal respectivamente, por lo tanto, se concluye que la adición de cal influye significativamente en la estabilización del suelo y puede ser usado como subrasante de un pavimento, obteniendo como la mejor dosificación de 8% de cal en relación al peso del suelo. El autor aconseja establece la dosificación optima de cal mediante la prueba del pH Eades & Grim para una mejor estabilización del suelo.

Cuadros. (2017) en su investigación, tuvo como objetivo determinar la influencia de la adición de óxido de calcio en dosificaciones de 1%, 3%, 5% y 7%, en el mejoramiento de las propiedades físico- mecánicas de la subrasante. Siendo una investigación aplicada, ya que emplea técnicas ya establecidas y estudiadas Cuenta con una población entre la Red Vial ruta JU-105. Su muestra es de 4 calicatas que está comprendida entre el tramo del C.P Pariahuanca y el C.P Ojaro en el distrito de Pariahuanca. Su muestreo es no probabilístico, Considerando formatos de ensayos y fichas técnicas como instrumentos. Teniendo como resultados principales que, con la adición del 3% de óxido de

calcio su Índice de Plasticidad disminuyó de 19.08% a 4.17%, su máxima densidad seca disminuyó de 1.65agr/cm<sup>3</sup> 1.62gr/cm<sup>3</sup> y que su optimo contenido disminuyó de 18.30% a 15.6% así mismo se observó que el C.B.R al 95% de su M.D.S aumentó de 4.85% a 15.7% por lo tanto, se concluye que la estabilización química con óxido de calcio influye positivamente en las propiedades físico – mecánicas de la subrasante, obteniendo como dosificación optima el 3% de óxido de calcio en relación al peso del suelo. El autor recomienda seguir realizando estudios en diferentes tipos de suelos para llegar a conocer la dosificación optima de óxido de calcio por cada tipo de suelo.

Parra. (2018) en su investigación, tuvo como objetivo mejorar el suelo con un alto contenido de arcilla (caolín) a través de la estabilización química añadiendo cal en diferentes porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%, y la vez determinar la dosificación optima del estabilizante, por medio de la resistencia a la compresión y tracción, así mismo conocer su dosificación óptima. Siendo una investigación aplicada, ya que emplea técnicas ya establecidas y estudiadas, Con una población que está comprendida por el suelo tipo caolín de Colombia. Su muestra está comprendida por los ensayos de laboratorio a realizar. Su muestreo es no probabilístico, Considerando formatos de ensayos y fichas técnicas como instrumentos. Obteniendo como resultados principales que, con la adición de cal el suelo presenta mejorías en sus propiedades mecánicas aumentando la resistencia y con la adición de la ceniza volante aumenta la resistencia del suelo, aportándole un ductilidad por lo que, se determina que al añadir cal y ceniza volante en las dosificaciones propuestas influyen positivamente en el comportamiento del suelo logrando aumentar sus propiedades mecánicas El autor recomienda como dosificación optima el 4% de cal y de ceniza volante para este tipo de suelo .

Guamán. (2016) en su investigación, tuvo como objeto analizar el desempeño de un suelo arcilloso mediante la estabilización química incorporando cal y cloruro de sodio en diferentes porcentajes de 2.5%, 7.5% y 12.5%, y la vez determinar la dosificación optima del estabilizante. Siendo una investigación aplicada, ya que emplea técnicas ya establecidas y estudiadas. Con una población que está comprendida por el suelo arcilloso de la provincia de Pastaza.

Su muestra es de una calicata comprendida en el barrio de Santo Domingo. Su muestreo es no probabilístico, Considerando formatos de ensayos y fichas técnicas como instrumentos. Obteniendo como resultados principales que, con la adición de 12.5% de cal y cloruro de sodio el Índice de Plasticidad disminuyó de 19.33% a 8.83% y de 19.33% a 6.54%. su máxima densidad disminuyó de 1.531gr/cm<sup>3</sup> a 1.418gr/cm<sup>3</sup> y su óptimo contenido de humedad aumentó de 35.3% a 39.5% a su vez de determinó que el C.B.R al 95% de su M.D.S aumentó de 4.85% a 26% por. lo tanto, el autor concluye que la estabilización química con cal y cloruro de sodio influyen positivamente en el comportamiento de este tipo de suelo El autor aconseja como dosificación óptima el 12.5% de cal y el 2.5% de cloruro de sodio para este tipo de suelo.

Gavilanes (2015) en su investigación, tuvo como objetivo analizar y evaluar las propiedades físico y mecánicas de la estabilización y modificación de suelo con diferentes porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%, y la vez determinar la dosificación óptima del estabilizante. Siendo una investigación aplicada, ya que emplea técnicas ya establecidas y estudiadas. Con una población que está comprendida por la subrasante del suelo del sector de Santos Pamba. Su muestra de 2 calicatas realizadas en la calle "A" del barrio Colinas del Sur. Su muestreo es no probabilístico Considerando formatos de ensayos y fichas como instrumentos. Obteniendo como resultados principales que, con la adición de cal o cemento el Índice de Plasticidad disminuyó de 11% a 1%, su máxima densidad disminuyó de 1.705gr/cm<sup>3</sup> a 1.374gr/cm<sup>3</sup> y su óptimo contenido de humedad aumentó de 16.73% a 18.2% así mismo se observó que el C.B.R al 95% de su M.D.S aumentó de 30.1% a 33.29% por. lo tanto, el autor concluye que la estabilización química con cal o cemento influyen positivamente en el comportamiento de este tipo de suelo El autor aconseja una dosificación óptima entre 4% y 6% de cal o cemento para este tipo de suelo, pero económicamente recomienda el 4% ya sea de cualquiera de estos dos tipos de estabilizadores.

Yongzhen y Xiamoming (2018) en su investigación, tuvo como objetivo analizar los efectos de los aditivos minerales en el comportamiento de un suelo expansivo para su uso como subrasante de una carretera. Siendo una investigación aplicada, ya que emplea técnicas ya establecidas y estudiadas. Con una

población que está comprendida por el suelo expansivo de la ciudad de Nanjing Su muestra es de una calicata comprendida en la zona de estudio mencionado. Su muestreo es no probabilístico, Considerando formatos de ensayos y fichas técnicas como instrumentos. Obteniendo como resultados principales que, mostraron que el suelo expansivo estabilizado con la combinación de estos aditivos minerales (cal y ceniza volante) mostraron una mayor relación en el C.B.R y también en los valores de resistencia a la compresión inconfiados (U.C.S) en comparación de un solo material. lo tanto, los autores concluyen que el suelo expansivo estabilizado con la combinación de 3% de cal + 15% de ceniza volante cumple con los requisitos establecidos por la JTG D30 – 2015, y que además la CE aporta reacciones químicas en ambos estabilizadores que forman nuevos agentes cementantes, además los autores recomiendan profundizar más la investigación ya que proporciona un bajo costo.

Hayder (2016) en su investigación, tuvo como objetivo mejorar las propiedades del suelo blando mediante el uso de estabilizadores como es el cemento en dosificaciones de 2% a 10% y para la cal en dosificaciones de 2% y 4%. Siendo una investigación aplicada, ya que emplea técnicas ya establecidas y estudiadas Con una población que está comprendida por el suelo blando de Irak Su muestra consta de dos calicatas, la primera extraída en el centro de Irak en la ciudad de AL-Zaafaranuya y la segunda extraída del sur de Irak en la ciudad de Garma Ali Su muestreo es no probabilístico, Considerando formatos de ensayos y fichas técnicas como instrumentos. Obteniendo como resultados principales. La investigación tuvo como Principales resultados que, mostraron que el Índice de Plasticidad se ha reducido un 65-68% aproximadamente con un 2% de LQ y un 10% de PC, reduciendo su máxima densidad seca y aumentando su optimo contenido de humedad, así mismo obtuvieron una reducción en la relación de compresión de 0.1185 a 0.00705 y que a su vez hubo una reducción en el hinchamiento del suelo de 0.0276 a 0.0015, también que con la adición de estos materiales en la primera muestra aumentó 3.5 veces más y en la segunda muestra aumentó 4 veces más la resistencia al corte lo tanto, el autor concluye que al adicionar cemento y cal viva los resultados fueron favorables para este suelo, mejorando la consistencia, su resistencia, la deformación y a la vez sus características estructurales del tipo de suelo blando, finalmente el autor

recomienda un porcentaje óptimo del 6% de cemento y 4% de cal viva para mejorar las condiciones de este tipo de suelo.

Mohammed. (2015) en su investigación, tuvo como objetivo aumentar las propiedades mecánicas de suelo incorporando dosificaciones de 5%, 10% y 15% de ceniza de cascara de arroz y 6% de cemento, y a la vez reducir el uso del cemento y poder usar otro tipo de materiales Siendo una investigación aplicada, ya que emplea técnicas ya establecidas y estudiadas. Cuenta con una población que está comprendida por los suelos arcillosos de Malasia. A su vez con una muestra consta de dos calicatas, extraídas entre la carretera de Kuala y Malaca. Su muestreo es no probabilístico Considerando formatos de ensayos y fichas técnicas como instrumentos. Obteniendo como resultados principales, que al añadir de ceniza de cascara de arroz y cemento la máxima densidad seca obtuvo aumentó de 6.780gr/cm<sup>3</sup> a 8.300gr/cm<sup>3</sup> y su óptimo contenido de humedad disminuyó de 22.4% a 15.1%, así mismo su resistencia máxima al corte es de 43.61KN/m, también aumentó su resistencia máxima al cizallamiento de 28.43kn/m<sup>2</sup> a 43.61kn/m<sup>2</sup> por lo tanto, el autor concluye que al adicionar ceniza de cascara de arroz y cemento aumenta las propiedades del suelo arcilloso , finalmente el autor recomienda profundizar la investigación usando distintos materiales al cemento para comparar los resultados y analizar si el cemento sigue aportando buenos resultados.

Goñas y Saldaña. (2020) en su investigación, tuvo como objetivo evaluar de que manera influye la adición de 15%, 20% y 25% de cenizas de carbón en las propiedades mecánicas de suelo. Siendo una investigación aplicada, ya que emplea técnicas ya establecidas y estudiadas. Con una población comprendida por el suelo del distrito de Huancas en la provincia de Chachapoyas. Su muestra consta de dos calicatas, extraídas entre las cuadras 8 y 9 de la calle Las Lomas. Su muestreo es no probabilístico, Considerando formatos de ensayos y fichas técnicas como instrumentos. Obteniendo como resultados principales, que con la adición de 25% de ceniza de carbón la densidad máxima seca obtuvo aumentó de 1.449gr/cm<sup>3</sup> a 1.494gr/cm<sup>3</sup> y a su vez su contenido óptimo de humedad aumentó de 18.2% a 24.7%, así mismo su resistencia máxima al corte es de 43.61KN/m, así mismo se observó que con el 15%, 20% y 25% de ceniza de

carbón C.B.R aumentó de 2.1% a 2.5%, 3.1% y 3.6% correspondientemente por lo tanto, el autor concluye que al adicionar ceniza de carbón logra mejorar las propiedades mecánicas del suelo pero no alcanzando los estándares como material apto como subrasante , finalmente el autor recomienda profundizar la investigación con diferentes dosificaciones y en distintos tipos de suelos.

Morales y Pailacura. (2019) en su investigación, tuvo como objetivo evaluar el comportamiento del suelo in situ aplicando cloruro de calcio en diferentes dosificaciones como aditivo estabilizante. Siendo una investigación aplicada, ya que emplea técnicas ya establecidas y estudiadas. Con una población comprendida de 2800km de caminos de tierra y ripio, en la región de Antofagasta. Su muestra es parte de los desvíos del proyecto Servicio de mejoramiento de accesibilidad de la Villas Tucnar Huasi - Huaytiquina. Su muestreo es no probabilístico Considerando formatos de ensayos y fichas técnicas como instrumentos. Obteniendo como resultados principales, que con la adición de 1.5% cloruro de calcio la densidad máxima seca aumentó de 2.293gr/cm<sup>3</sup> a 2.325gr/cm<sup>3</sup> y su contenido óptimo de humedad disminuyó de 5.70% a 5.20%, así mismo su resistencia máxima al corte es de 43.61KN/m, así mismo se observó que con el 1% de cloruro de calcio su C.B.R aumentó de 109% a 151%, 3.1% y 3.6% por lo tanto, el autor concluye que el cloruro de calcio mejora las propiedades mecánicas del suelo, obteniendo como una dosificación entre 1% y 1.5% de este material , finalmente el autor recomienda profundizar la investigación con diferentes dosificaciones y en distintos tipos de suelos.

Pozo. (2019) en su investigación, tuvo como identificar las investigaciones previas sobre el cloruro de sodio en dosificaciones de 1%, 2% y 3% como estabilizante de la subrasante. Siendo una investigación aplicada, ya que emplea técnicas ya establecidas y estudiadas. Su población está comprendida de la carretera del aeropuerto en Cajamarca. Su muestra es la carretera tramo cruce porongo- aeropuerto, Considerando formatos de ensayos y fichas técnicas como instrumentos. Obteniendo como resultados principales, que al incorporar 1%, 2% y 3% de cloruro de sodio su C.B.R aumentó de 4.92% a 9.81%, 17.02% y 18.21% respectivamente, tomando como el 3% la dosificación que mostró mejor resultado. Finalmente, el autor recomienda la dosificación optima de 2% de

cloruro de sodio por metro cubico para el mejoramiento y estabilización de subrasante, y a su vez profundizar la investigación en diferentes tipos de suelos.

El sillar blanco o también conocido como tufo volcánico es un tipo de roca volcánica con forma rectangular, compacta que es producida por la expansión de lava que se dio mediante las fisuras del terreno volcánico, que consta de una capa formada por cenizas y partículas de silicatos originado de la espuma de la lava viscosa originada en erupción volcánica.<sup>3</sup>



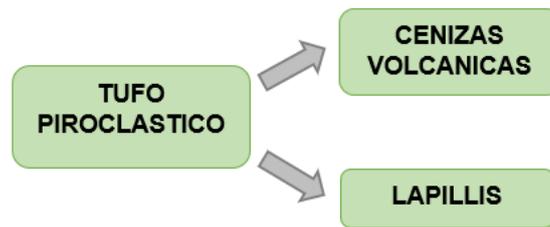
**Figura 2.** Deposito natural del Sillar Blanco

Técnicamente conocido como tufo piroclástico y/o Ignimbrita, que es el producto del flujo piroclástico que se dio mediante una explosión debido a la presión y temperatura produciendo grandes descargas de un material ígneo que es similar a la espuma. Este fenómeno se dio hace millones de años.<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> (ALARCON, y otros, 2013 pág. 7)

<sup>4</sup> (CORRALES, 2019 pág. 22)



**Figura 3.** Tufo Piroclástico

Este flujo piroclástico que dio origen al sillar se generó producto a la erupción explosiva con colapso de la caldera sobre la cual se ha identificado el volcán Chachani.<sup>5</sup>

El Sillar es parte de una roca de flujo piroclástico (Ignimbrita) que es de color blanco debido a una erupción volcánica ocurrida en los Andes Centrales, Su color se debe al contenido de cuarzo, piedra pómez, vidrio volcánico, feldespato. El grado de endurecimiento se debe a la alta temperatura de flujo al momento de su emplazamiento. El sillar es visible en los distritos arequipeños de yura, cerro colorado, Cayma, Yanahuara y alto selva alegre.<sup>6</sup>

Por lo tanto, el sillar blanco es un tipo de ceniza volcánica fina, formada por el acopio de distintos componentes volcánicos muy pequeños originadas de la espuma de las lavas viscosas que se dieron mediante una erupción volcánica que se fueron sedimentando y formando las canteras del sillar en el departamento de Arequipa.

---

<sup>5</sup> (CORRALES, 2019 págs. 22-23)

<sup>6</sup> (RIVERA, 2019 pág. 3)



**Figura 4.** Sedimentaciones de la ceniza formando las canteras del Sillar

El Origen del sillar se dio debido a la explosión en la superficie de la tierra expulsando grandes descargas de material ígneo muy similar a la espuma que se fue solidificando, este material se encuentra naturalmente en las zonas de Añashuayco al pie del volcán Misti en el departamento de Arequipa siendo el material protagonista en la arquitectura tradicional arequipeña.<sup>7</sup>

Las actividades volcánicas se producen principalmente en el cinturón de fuego del pacífico, expulsando diferentes materiales, entre ellas se encuentra la ceniza volcánica la cual en los últimos años está siendo investigada de manera constante, estas cenizas son muy particulares ya que cuando se depositan en el suelo pasan por fases de meteorización la cual varía su composición química<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> (AIRE, 2012 pág. 6)

<sup>8</sup> (BUILES, y otros, 2011 pág. 1)



**Figura 5.** Expulsión de material ígneo debido a la erupción volcánica.

Siendo un producto debido a la cristalización del material que es expulsado por los volcanes, sus propiedades varían de acuerdo al grado de conformación de este material<sup>9</sup>

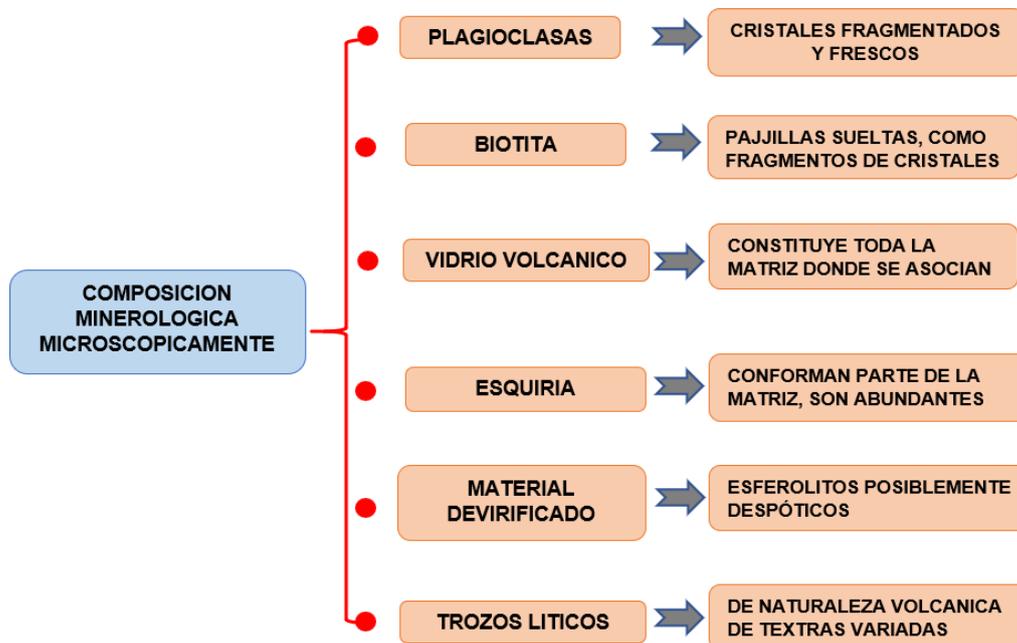
Está compuesto de la fina ceniza volcánica y lapilli, que es la lava fragmentada por la explosión que contiene piedra pómez y partículas vítreas. Así mismo es un material poroso, debido a los gases y aire atrapado.

El estudio mineralógico que se llevó a cabo en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería donde se obtuvieron los siguientes resultados<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> (SUAREZ pág. 365)

<sup>10</sup> (LARA, 1988 pág. 9)



**Figura 6.** Composición Mineralógica Microscópicamente

El estudio macroscópico de sus componentes muestra que tiene un aspecto masivo, es por ello que se le denomina Ignimbrita Blanca siendo un material impermeable y poroso mostrando pequeños fragmentos de diferentes minerales.<sup>11</sup>



**Figura 7.** Composición Mineralógica Macroscópicamente

<sup>11</sup> (AIRE, 2012 pág. 15)

Los elementos están conformados por el 99% aproximadamente de silicatos, así mismo cuentan con oro, plata, azufre uranio, entre otros; es por ello que su composición puede variar depende de cada volcán ya que sus componentes que lo conforman son distintos.<sup>12</sup>

El sillar al ser una roca piroclástica de origen volcánico, por lo cual existen variedades de este material, en Arequipa existen diferentes tipos de sillar y cada uno para diferentes usos.<sup>13</sup>

**Tabla 1.** *Tipos de Sillar*

<b>TIPOS DE SILLAR</b>	
<b>SILLAR BLANCO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compacto y cohesivo</li> <li>• Solido</li> <li>• Útil para construcción de viviendas</li> </ul>
<b>SILLAR ROSADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No compacto</li> <li>• Componente en la fabricación del cemento yura de Arequipa.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

Este material es muy apreciado desde sus orígenes, especialmente el de color rosado a pesar de ser escaso que aquel de color blanco. Siendo el principal protagonista de la obra civil arequipeña.<sup>14</sup>

<sup>12</sup> (ESCOBAR , 2016 pág. 89)

<sup>13</sup> (CARRASCO , y otros, 2013 pág. 20)

<sup>14</sup> (AIRE, 2012 pág. 5)



**Figura 8.** Sillar Blanco



**Figura 9.** Sillar Rosado

Las propiedades del Sillar van a depender mucho de su composición tanto química como mineralógica debido a su procedencia y origen, en este caso los estudios realizados a este material extraídos de la quebrada de Añashuayco situada en la Región de Arequipa muestran las siguientes propiedades físicas, químicas y mecánicas.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> (AIRE, 2012)

**Tabla 2.** *Propiedades del Sillar*

<b>PROPIEDADES DEL SILLAR</b>	<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura porosa y absorbente</li> <li>• Mal conductor a la temperatura</li> <li>• Resistente al calor</li> <li>• Permeable</li> </ul>
	<b>PROPIEDADES QUÍMICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color: gris, amarillento, claro, blanco, rojo pálido.</li> <li>• Resistencia a la tracción, fricción y compresión.</li> <li>• Porosidad y permeabilidad alta</li> <li>• Brillo opaco</li> </ul>
	<b>PROPIEDADES MÉCANICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulo e elasticidad estático y dinámico</li> <li>• Resistencia a la compresión</li> <li>• Esfuerzo de compresión</li> <li>• Resistencia al fuego</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

Este material se encuentra en el Departamento de Arequipa, exactamente en el Distrito de Cerro Colorado, es una zona donde hay gran variedad de depósitos de este material.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> (CASTRO , 2020 pág. 16)



**Figura 10.** Ruta del Sillar Blanco

*La quebrada de Añashuayco se extiende desde el Cerro Colorado hasta el distrito de Uchumayo y tiene una longitud de 18 kilómetros, de esta zona se extrajo el material para las edificaciones de casonas. Actualmente está quebrada fue denominada como un corredor turístico (Ruta del Sillar).<sup>17</sup>*

La estabilización de un suelo implica en mejorar el comportamiento ante los esfuerzos y deformaciones que estarán sometidos a lo largo de su vida útil, mediante el mejoramiento de sus propiedades físicas y/o mecánicas, tales como la resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad entre otros, adicionando algún tipo de aditivo.

<sup>17</sup> (AIRE, 2012 pág. 7)



**Figura 11.** Extracción del Sillar

La estabilización de suelo consiste en mejorar las propiedades geotécnicas de un suelo mediante la adición de uno o más agentes estabilizantes conocidos como es el cemento, cal, asfalto entre otros, todo ello generalmente se realiza en los suelos de subrasante inadecuados, aunque la estabilización también se puede dar en los suelos de la base para así aumentar sus características como su resistencia al esfuerzo cortante.<sup>18</sup>

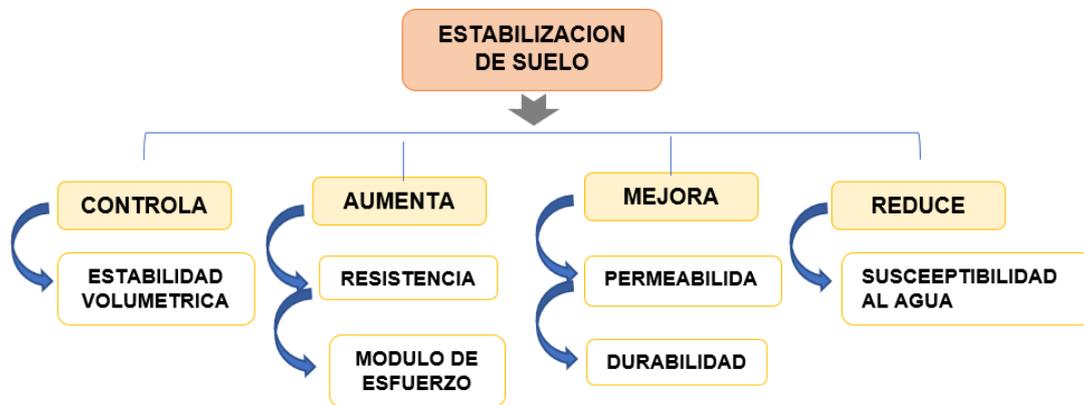
Para la estabilización de un suelo es necesario poder mejorar las características innatas de este, por ello se mejora sus propiedades físicas y también sus propiedades mecánicas, algunas características que mejoran son el esfuerzo al corte, la comprensibilidad, la estabilidad volumétrica y la deformación al esfuerzo. Con ello se busca la finalidad de que el esfuerzo y la deformación se comporten de manera armónica, con el fin de que las estructuras se mantengan conformes durante años.

---

<sup>18</sup> (ZECENARRO, 2013 pág. 113)

Para estabilizar un suelo se tienen una variedad de técnicas, algunas son de reemplazo de material y otras agregando agentes estabilizantes, cualquiera sea el método, es necesario finalizar con la compactación al 95% o 100%.

La estabilización es una de las técnicas más antiguas que se basa en el reemplazo de un suelo de baja capacidad portante por otro estabilizado, mejorado con fines de uso vial.<sup>19</sup>



**Figura 12.** Estabilización de Suelo

La estabilización de suelo consiste en hacer más estable un suelo, mejorando y cambiando las propiedades de un suelo, a pesar de existir muchas formas de estabilizar, el más usado es de mezclar un material de granulometría gruesa, al que carece de ello.<sup>20</sup>

Existen sistemas de estabilización, teniendo en cuenta las condiciones del lugar y el tipo de material a estabilizar, uno de los ejemplos de esos sistemas se da como se muestra a continuación.<sup>21</sup>

- . Compactación
- . Consolidación

<sup>19</sup> (YEPES, 2004 pág. 4)

<sup>20</sup> (PALLI, 2015 pág. 50)

<sup>21</sup> (CARRANZA , 1987 pág. 355)

- Mezclas o impregnaciones superficiales
- Impregnaciones profundas
- Drenajes

Así mismo la estabilización se puede aplicar en cualquiera de estos casos:

- En un suelo de subrasante desfavorable o muy arenoso, arcilloso.
- Material para base o sub base en el límite de especificaciones.
- Condición de humedad.
- Cuando se necesite una base de calidad superior, como en una autopista.<sup>22</sup>

Actualmente existe diferentes métodos de estabilización de suelos, como la estabilización química, física y mecánica, cada uno se aplica dependiendo el tipo de suelo y el tipo de edificación a realizar.<sup>23</sup>

**Tabla 3. Métodos de Estabilización**

<b>MÉTODOS DE ESTABILIZACION</b>		
<b>ESTABILIZACIÓN MECÁNICA</b>	Logra mejorar el suelo sin producir altas alteraciones químicas.	- Compactación
<b>ESTABILIZACION QUÍMICA</b>	En este método se usa sustancias químicas que actuaran en el suelo provocando una alteración en la constitución del suelo.	- Cal - Cemento - Asfalto - Cloruro de sodio y calcio - Polímeros - Escoria de fundación
<b>ESTABILIZACION FÍSICA</b>	Mejorar el suelo mediante sus propiedades físicas, por medio de mezclas en los suelos.	- Geotextiles - Virio flotación - Consolidación previa

Fuente: Elaboración propia

<sup>22</sup> (CARRANZA , 1987 pág. 355)

<sup>23</sup> (LOPEZ, y otros, 2010 pág. 163)

Para seleccionar el método de estabilización más conveniente se debe tomar en cuenta los siguientes factores:<sup>24</sup>

- El tipo de suelo a estabilizar
- Determinar la aplicación de suelo estabilizado
- Tipo de agente estabilizador
- Experiencia en el tipo de método de estabilización
- Disponibilidad del agente estabilizador
- Equipo adecuado
- Comparar costos<sup>25</sup>

Al pensar en el método de estabilización de suelo para mejorar sus propiedades geotécnicas se debe tener en cuenta el tipo de suelo y en las condiciones al que estará expuestas, con el fin de hacerlas más resistente, durables y estables.

La estabilización de un suelo se da mediante técnicas variadas desde la adición de otro suelo hasta la incorporación de uno o más aditivos estabilizadores los cuales se clasifican de la siguiente manera:<sup>26</sup>

Cuando se propone estabilizar un suelo es para incrementar y mejorar sus propiedades, para que así sean más aptos para tolerar las condiciones al que estarán sometidas.<sup>27</sup>

En esta investigación se está optando estabilizar el suelo mediante la adición de Sillar blanco que aún no cuenta con parámetros establecidos, por ello se tomará como guía la estabilización de suelo con oxido de calcio más conocida con cal.

La cal que se utiliza para la estabilización debe cumplir con los requisitos establecidos por la normativa, este material al mezclarse con el suelo muestra una reacción rápida de floculación e intercambio iónico, luego una reacción lenta tipo puzolánico, formando nuevos productos químicos.

---

<sup>24</sup> (ZECENARRO, 2013 pág. 109)

<sup>25</sup> (ZECENARRO, 2013 pág. 109)

<sup>26</sup> (CASTRO, 2015 pág. 18)

<sup>27</sup> (CASTRO, 2020 pág. 27)

Uno de los efectos más importantes de la cal en el suelo, es de cambiar su plasticidad, aumentando su humedad óptima de compactación. Este tipo de material estabilizante es apropiado para suelo de granulometría fina de cierta plasticidad, volviéndose más friable y granular que permite con mayor facilidad ser puesta en obra.<sup>28</sup> Este material (la cal) se considera un estabilizador para suelos arcillosos y limosos mejorando sus propiedades físico – químicas.<sup>29</sup>

Después de una estabilización con cal, la National Lime Association resume la obtención de los siguientes resultados:

Reduce el índice de plasticidad, ya que aumenta el límite plástico, pero disminuye el límite líquido.<sup>30</sup>

- Se obtiene un material más manejable y fiable, debido a la disminución de agua.
- La adición de cal absorbe la humedad de los suelos acelerando su compactación
- Reduce la contracción y el hinchamiento.
- Incrementa la resistencia a compresión simple hasta un 40%
- Incremento de la capacidad portante del suelo
- Formas barreras que impiden la infiltración de aguas tanto de lluvia y de aguas subterráneas.

---

<sup>28</sup> (ZECENARRO, 2013 pág. 116)

<sup>29</sup> (ULATE, 2017 pág. 7)

<sup>30</sup> (ZECENARRO, 2013 pág. 118)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo Y Diseño De Investigación

##### Diseño De Investigación

Cuando la variable independiente es alterada por el investigador esta será medida y evaluada.<sup>31</sup> Los diseños experimentales son aquellos que según el investigador va a manipular una variable experimental, con el objetivo de describir el modo y por qué se produce un fenómeno.<sup>32</sup>

A la vez el autor menciona los tipos de experimentos el cual nos dice que el tipo de experimento cuasi experimental Participan dos o más grupos de comparación, el cual sus integrantes son intactos, ya que no son seleccionados al azar.<sup>33</sup>

Descrito anteriormente esta investigación tiene un **diseño experimental**, ya que la variable dependiente será manipulada por la variable independiente. A la vez es **cuasi experimental** ya que participan más de 2 muestras de comparación las cuales no serán elegidas al azar sino por mi persona.

##### Tipo De Investigación

Toda investigación científica puede ser de dos tipos: Básica y Aplicada, en ambos casos su función es de verificar los métodos".<sup>34</sup> La investigación Aplicada también es conocida como investigación empírica, el cual busca tomar los conocimientos existentes para así desarrollar los problemas prácticos, a la vez está asociada con la investigación básica ya que depende de un marco teórico.<sup>35</sup>

Por ello, considero que esta **investigación es de tipo aplicada**, ya que la propuesta de modificar el suelo con otros materiales estará basada en las normas, estudios, etc. que ya están establecidos.

---

<sup>31</sup> (LUOIS, y otros, 2007 pág. 272)

<sup>32</sup> (PALLELLA, y otros, 2012 pág. 86)

<sup>33</sup> (PALLELLA, y otros, 2012 pág. 89)

<sup>34</sup> (YOGESH, 2006 pág. 9)

<sup>35</sup> (MURILLO, 2008 pág. 8)

## **Nivel De Investigación**

La investigación descriptiva se refiere a que el investigador va a detallar y precisar los fenómenos de estudio.<sup>36</sup> La investigación explicativa toma en cuenta las etapas básicas de la investigación experimental; formulando las hipótesis, el cual responde el ¿Por qué? buscando la causa y efecto del estudio del fenómeno con el objetivo de encontrar una explicación.<sup>37</sup>

Por ende, esta investigación es de **nivel explicativo**, ya que no solo pretende describir, sino que también explicar el por qué la incorporación de las variables independientes modificara las mezclas asfálticas.

## **Enfoque De La Investigación**

Si los datos recolectados son medibles, se pueden clasificar, y a la vez procesar, la investigación cuenta con un enfoque cuantitativo.<sup>38</sup> El enfoque cuantitativo es un conjunto de etapas el cual no se puede omitir pasos ya que es secuencial y a la vez puede probar, medir y analizar para así probar las teorías.<sup>39</sup>

Por ende, esta investigación es de **enfoque cuantitativo**, ya que las variables van a ser medidas mediante ensayos de laboratorios, para así probar las hipótesis planteadas.

## **3.2 Variables Y Operacionalización**

### **Variables**

Las variables están dadas por una idea que puede ser medida asumiendo valores, que con los tipos de instrumentos de precisión podrán ser medidas y probadas.<sup>40</sup>

### **Variable Independiente**

**V.I:** Incorporación del Sillar en el suelo de la Av. Universitaria.

---

<sup>36</sup> (DEEPAK, 2018 pág. 161)

<sup>37</sup> (RODRIGUEZ, 2011 págs. 52-53)

<sup>38</sup> (STUART, 2015 pág. 11)

<sup>39</sup> (HERNANDEZ, y otros, 2014 pág. 158)

<sup>40</sup> (RANUT, 2011 pág. 71)

La variable independiente es manipulada teniendo efecto en la variable dependiente.<sup>41</sup>

Esta variable es independiente, siendo alteradas para obtener resultados en la variable dependiente.

**Sillar Blanco:** El sillar o toba volcánica es un tipo de roca ígnea que abunda en la ciudad de Arequipa el cual está compuesta por cenizas y otro tipo de fragmentos de rocas o materiales procedentes de las erupciones volcánicas, como del volcán “Chachani” y junto al volcán “Misti” y “Pichupichu” los cuales bordean dicha ciudad. Este material se caracteriza por ser liviana y aparentemente porosa.<sup>42</sup>



**Figura 13.** Sillar en bloque

---

<sup>41</sup> (FLANNELLY , 2014 pág. 162)

<sup>42</sup> (CUEVA, 2017 pág. 31)

## Variable Dependiente:

### V.D: Estabilización de Suelo

La variable dependiente va a depender de la variable independiente.<sup>43</sup> Esta variable será medida e investigada mediante los diferentes ensayos establecidos.

**Estabilización de suelo:** Al surgir problemas con un suelo de baja calidad, se debe estabilizar, con el fin de beneficiar sus propiedades, este enfoque de mejorar podrá resistir los daños ocasionados por el mal tiempo y el impacto del tránsito, a su vez proporcionando un aumento en las propiedades de resistencia y disminución de la plasticidad del suelo, por ello los factores que mejoraran son las físicas, mecánicas y químicas.<sup>44</sup>



**Figura 14.** Estabilización de Suelo

## Operacionalización De Variables

*El cuadro de operacionalización de variables se encuentra en el capítulo de ANEXOS*

---

<sup>43</sup> (FLANNELLY , 2014 pág. 162)

<sup>44</sup> (CASTRO , 2020 pág. 27)

### **3.3 Población, Muestra, Muestreo**

#### **Unidad De Análisis**

Suelo a nivel de la subrasante

#### **Población**

La población toma en cuenta a un grupo universal de personas u objetos, el cual comprende muestras de una investigación.<sup>45</sup>

Este proyecto consta de una población que comprende el suelo a nivel de subrasante de la Av. Universitaria del distrito de carabaylo – Lima.

#### **Muestra**

La muestra de una investigación son las entidades que son seleccionadas voluntariamente o involuntariamente, sin estar sujeto al resultado que están dentro de la población.<sup>46</sup>

También se considera que la muestra se refiere al sub conjunto de personas u objetos que se llevará en conjunto con la investigación, el cual también representa los criterios para conocer la magnitud de la investigación y realizar los costos.<sup>47</sup>

Para este proyecto la muestra consta de 03 calicatas de 1.50m de profundidad representativas del suelo de la Av. Universitaria del distrito de Carabayllo ubicadas entre el km 23+00 – 24+500.

#### **Muestreo**

Se considera muestreo no probabilístico a una muestra que no es tomada al azar, sino que depende del investigador con la finalidad de favorecer al proyecto.<sup>48</sup>

---

<sup>45</sup> (SUE, 2008 pág. 48)

<sup>46</sup> (UMA, 2003 pág. 266)

<sup>47</sup> (CORBATA, 2007 pág. 293)

<sup>48</sup> (ANOL, 2012 pág. 69)

El tipo de muestreo de esta investigación es **No Probabilístico**, ya que se va elegir la muestra de manera conveniente e importante para la investigación.

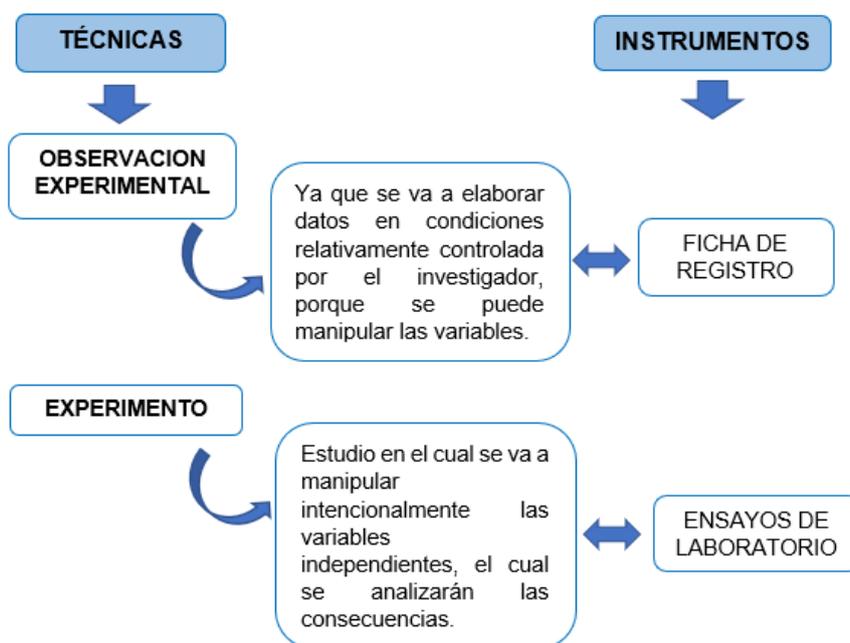
### 3.4 Técnicas e Instrumentos De Recolección De Datos

#### Técnicas E Instrumentos De Recolección De Datos

Existen distintos instrumentos con el cual se puede realizar la recopilación de datos, para un método cuantitativo se puede realizar observaciones y experimentos.<sup>49</sup>

Toda investigación debe contar con las técnicas e instrumentos necesarias; en este caso la técnica de la observación es aquel con el que nos podremos dar cuenta solo que hay alrededor nuestro, así llegaremos a recolectar los datos importantes.<sup>50</sup>

Por ello, Las técnicas e instrumentos de este proyecto de investigación están relacionadas al tipo de enfoque cuantitativo, por la cual la técnica empleada será: La Observación Experimental y el Experimento.



**Figura 15.** Técnicas e Instrumentos y Recolección de Datos

<sup>49</sup> (CANALS, 2017 pág. 390)

<sup>50</sup> (KOTHARI , 2004 pág. 96)

## **Validez Y Confiabilidad**

La validez y Confiabilidad de una investigación será dada mediante algún representante que brinde la confianza y credibilidad de lo que se está desarrollando.<sup>51</sup>

Este proyecto de investigación se va a desarrollar mediante ensayos de laboratorios, es por ello que la validez de los resultados de los diferentes ensayos, estará validado por el Ingeniero especialista que estará a cargo.

Los formatos para recolectar los datos que se usarán estarán validados mediante la firma de 3 ingenieros colegiados.

.

Y la confiabilidad se dará mediante los estándares de calidad al cual está registrado el laboratorio y la debida calibración de cada equipo de laboratorio.

## **3.5 Procedimientos**

### ***Proceso de extracción de Sillar Blanco***

1.- lo primero es ubicarnos geográficamente en las zonas donde se piensa extraer el material (sillar blanco), también se tiene que tener en cuenta las rutas de acceso a esta cantera, ya que en Arequipa existen diferentes canteras sin embargo algunas son de fácil y difícil acceso, para la presente investigación el material se extrajo de la cantera ubicada en el distrito de cerro colorado, conocida como señor de la caña.

2.- cuando ya nos encontremos en la zona de extracción, es muy importante darnos cuenta de como se va trasladar el material, ya que la forma y el tamaño es un factor importante en el transporte, para la presente investigación las muestras se redujeron a un tamaño de 3x2 cm aproximadamente, para su mejor traslado al laboratorio.

3.- con el material en el laboratorio se iniciará el proceso de pulverización, este proceso se puede realizar de dos maneras, una manual y otra mecánica, la diferencia de los resultados dependerá de los instrumentos en el laboratorio,

---

<sup>51</sup> (WALLIMAN , 2011 pág. 43)

costo y tiempo, en la presente investigación el proceso para pulverizar fue manual, y uso un molde de C.B.R y el martillo de compactación.

5.- ya sea manual o mecánico el material no llega a pulverizarse a un 100%, sin embargo, por ello se realiza un proceso de tamizado para así poder obtener un material más fino.

### ***Proceso para la Estabilización de Suelo***

1.-Ubicar y reconocer la zona de estudio donde se realizará la extracción de la muestra, en esta oportunidad la zona de estudio de esta investigación es en la Av. Universitaria en el distrito de Carabaylo.

2.-Una vez ubicado la zona de estudio, se procede a realizar la excavación de las 03 calicatas y la extracción de la muestra de cada uno

3.-Una vez obtenida las muestras de las calicatas, se realizará los ensayos de laboratorio, tales como: Clasificación de suelo, Límites de Atterberg, Proctor modificado y C.B.R.

### 3.6 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Tabla 4. Método para el Análisis de Datos.

ÍTEM	NOMBRE DE LOS ENSAYOS	DURACIÓN	UND.	PROCESO
1	Análisis Granulométrico	1 día	3	Las muestras del suelo obtenidas en campo pasaran por un proceso de separación usando tamices para ellos, estos varían desde muestras q pasan las 3" hasta muestras finas que pasan la malla nº200, esto tiene como finalidad clasificar los suelos y obtener los límites de consistencia.
2	Limites Atterberg	1 día	3	<p><b>Límite Líquido:</b> en este ensayo se hará uso de la conocida copa de Casagrande, la cual nos servirá para obtener la cantidad máxima de líquido en nuestra muestra justo antes de llegar a un estado plástico</p> <p><b>Límite Plástico:</b> en este ensayo hacemos uso de la muestra que se encuentra en la copa de casa grande, se toma con las manos la muestra para hacer rodillos de 3mm de diámetro. Aproximadamente y hasta que se rompan, una vez pasado este estado se llevan al horno para su secado.</p>
3	PROCTOR MODIFICADO	5 días	5	Los resultados que nos brindara este ensayo es el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca de la muestra, este paso es muy importante ya que la base para iniciar con el ensayo de C.B.R.
4	CBR	5 días	5	El ensayo C.B.R es el ensayo final para obtener la resistencia de nuestro suelo, es el conjunto de los resultados anteriores, ya que es necesario la cantidad de humedad optima, a su vez aquí se podrán medir los porcentajes de expansión de la muestra..

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.7 ASPECTOS ÉTICOS

El aspecto ético de una investigación sustente se debe tener en cuenta el respeto hacia todos los aspectos involucrados incluyendo la aprobación de todas las personas involucradas en la investigación. Un investigador debe contar con la conducta apropiada en todo lo correspondiente, respetando los derechos del autor de las investigaciones involucradas en todo el proyecto de investigación.<sup>52</sup> (pág.2) Stephen, I y Bretta,K, (2016).

La investigación que será presentada es de autoría de la Bach. Erika del Pilar García Onorbe, aportando al desarrollo de la ingeniería civil, la cual tomo en cuenta la estudios e informaciones de diferentes autores, los cuales sirvieron de base metodológica para el enriquecimiento y desarrollo de la investigación, sin embargo, la autora respeta la propiedad intelectual de estos autores y sus investigaciones, por ello siguiendo la normativa correspondiente estos fueron citados y referenciados de manera correcta.

A su vez esta investigación considera que el medio ambiente debe ser respetado, por ello se usan materiales que provienen de la naturaleza, los cuales no afectan la fauna y flora de la zona de estudio ni el ecosistema en general, muy por el contrario, utiliza materiales que no son usados por la población y son desperdiciados, por tal motivo esto beneficiaria a crear nuevas empresas y negocios, esto beneficiaria a la población de la zona.

Finalmente se tiene que respetar a la población y lo que se busca con esta investigación es proporcionar nuevas soluciones en el ámbito de las carreteras para el beneficio de la sociedad.

---

<sup>52</sup> (STEPHEN , y otros, 2010 pág. 2)

## IV. RESULTADOS

### DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

#### Nombre de la tesis

“Incorporación de sillar blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabaylo – 2021”

#### Ubicación política

La presente investigación se realizó en la avenida universitaria en el distrito de Carabaylo, provincia de Lima, en el departamento de Lima.



**Figura 16.** Mapa político del Perú

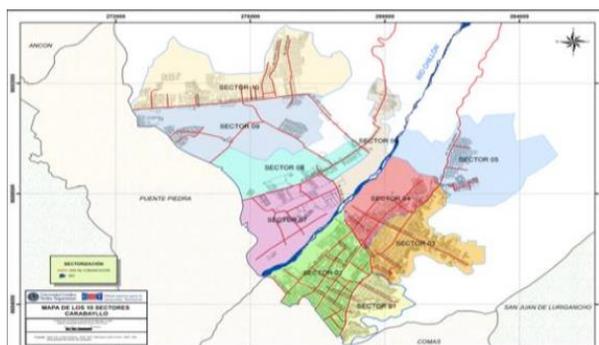


**Figura 17.** Mapa político del Departamento de Lima.

## Ubicación del proyecto



**Figura 18.** Mapa de la provincia de Lima.



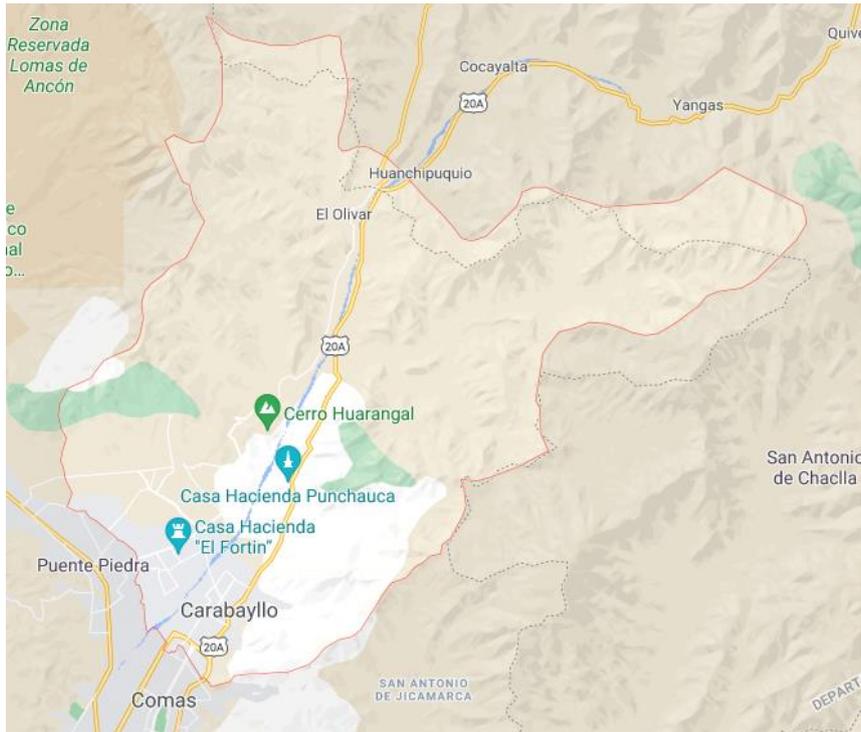
**Figura 19.** Mapa del distrito de Carabayllo.

## Limites

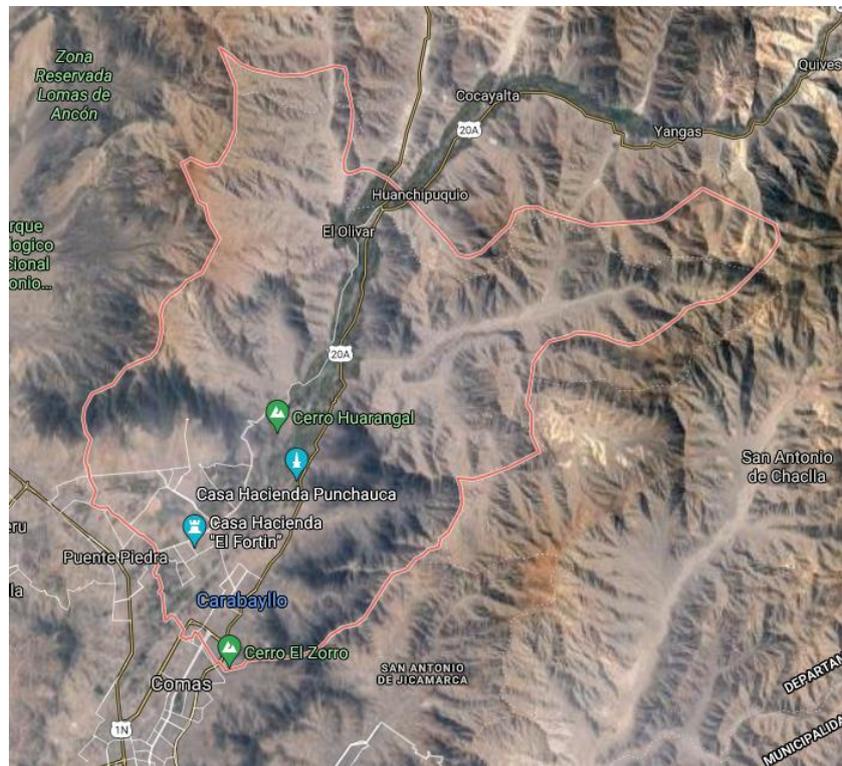
- Norte : Con el Distrito de Santa Rosa de Quives
- Sur : Con los Distritos de Comas y Puente Piedra.
- Este : Con los Distritos de San Antonio de Chaclla y San Juan de Lurigancho.
- Oeste : Con el Distrito de Ancón.

## Ubicación geográfica

El distrito de Carabayllo presenta las siguientes coordenadas geográficas: Latitud Sur  $11^{\circ}, 10', 09''$  y  $11^{\circ}, 54', 22''$ , y Oeste  $76^{\circ}, 48', 11''$  y  $77^{\circ}, 05', 29''$ , contando con un área de  $346.9 \text{ km}^2$  aproximadamente con una altitud entre los 200 m.s.n.m hasta los 530 m.s.n.m. Según la INEI hasta el 2011 contaba con una población de 257,325 habitantes.



**Figura 20.** Distrito de Carabaylo.



**Figura 21.** Distrito de Carabaylo vista satelital.

## Clima

El clima que posee el distrito de Carabaylo es árido y semicálido, ya que en verano son caliente y nublados y los inviernos son largos, frescos y secos con poca presencia de nieblas que cubren el valle. Con una temperatura que varía entre los 15 °C hasta los 28 °C, teniendo una temperatura promedio de 18 °C durante el año.

## PROCEDIMIENTOS

Para poder llevar a cabo este proyecto de investigación se tuvo que realizar el estudio del suelo correspondientes mediante los ensayos de laboratorio, realizando primero las 03 calicatas para la extracción del suelo que serán las muestras de estudio.



**Figura 22.** Calicata 01  
km 24+000



**Figura 23.** Calicata 02  
km 24+500



**Figura 24.** Calicata 03  
km 25+000

## CLASIFICACION DE SUELO C-01, C-02 Y C-03

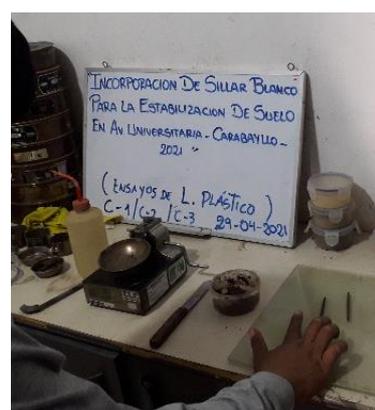
Una vez obtenida la muestra se realizó la clasificación de suelo de las 03 calicatas obteniendo los siguientes datos:



**Figura 25.** Ensayo de Granulometría de las 03 calicatas



**Figura 26.** Ensayo de Límite Líquido de las 03 calicatas



**Figura 27.** Ensayo de Límite Plástico de las 03 calicatas

**Tabla 5.** Clasificación de Suelo C-01, C-02 Y C-03

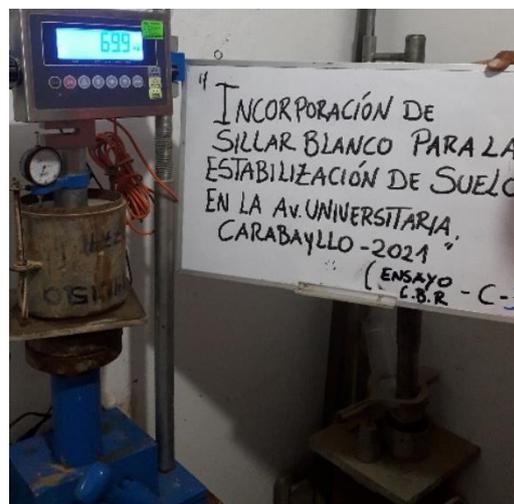
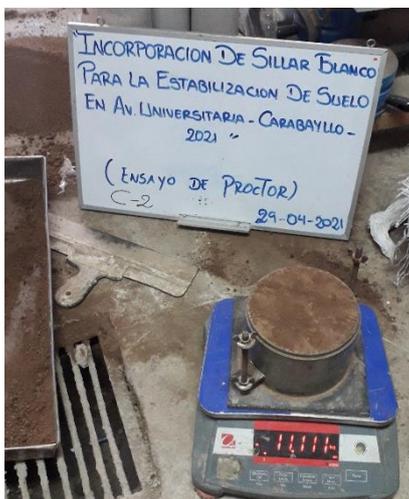
MUESTRA	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	LIMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO	CLASIFICACION DE SUELO	
		LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO		SUSCS (ASTM D2487)	AASHTO (D3282)
C - 01	5.30%	28	22	6	CL - ML	A-4 (4)
					ARCILLA LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD	
C - 02	5.40%	27	21	6	CL - ML	A-4 (4)
					ARCILLA LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD	
C - 03	4.30%	24	20	4	SC - SM	A-4 (3)
					ARENA LIMO ARCILLOSA	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5. Se puede observar los límites de consistencia (LL y LP) que presenta cada calicata (C-01, C-02 Y C-03), incluyendo el contenido de humedad y su índice plástico así mismo se muestra la clasificación de suelo tanto por el método de SUSCS y AASHTO.

## PROCTOR MODIFICADO Y C.B.R C-01, C-02 Y C-03

Una vez realizada la clasificación de suelo y los límites de consistencia, se pasó a realizar los ensayos de Proctor modificado y C.B.R de las 03 calicatas obteniendo los siguientes resultados:



**Figura 28.** Molde de compactación Proctor Modificado **Figura 29.** Ensayo de CBR C-03.

**Tabla 6.** Resultados del ensayo *Proctor Modificado* y *CBR C-01, C-02 Y C-03*

MUESTRA	PROCTOR MODIFICADO		RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R)	
	$\gamma$ d max (gr/cm <sup>3</sup> )	Wo (%)	95% M. D. S	100% M.D. S
C - 01	1.928 gr/cm <sup>3</sup>	13.50%	4.70%	7.40%
C - 02	1.931 gr/cm <sup>3</sup>	13.40%	8%	19.30%
C - 03	2.016 gr/cm <sup>3</sup>	10.40%	17.10%	25.30%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6. Se puede observar la densidad máxima seca y el contenido óptimo de humedad que presenta cada calicata (C-01, C-02 Y C-03), así mismo se muestra los resultados del ensayo de C.B.R, donde se puede observar que la C-01 tiene un valor de 4.70% a un 95% MDS y un 7.40% a un 100% MDS considerando esta calicata como la muestra de estudio de la investigación, ya debido a los valores obtenido el manual de carreteras cataloga a esta muestra como una subrasante pobre.

## RESULTADOS

**OBJETIVO 1.** Determinar la influencia de la incorporación del sillar blanco en la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad del suelo.

Para lograr obtener la densidad máxima seca y el contenido óptimo de humedad del suelo incorporando el sillar blanco se tuvo que realizar el ensayo de Proctor Modificado el cual abarca el procedimiento de compactación usado en el laboratorio, compactado en un molde de 6 pulgadas y con un pisón de 10 lbf.



**Figura 30.** Molde Proctor incorporado el 6% de sillar blanco.

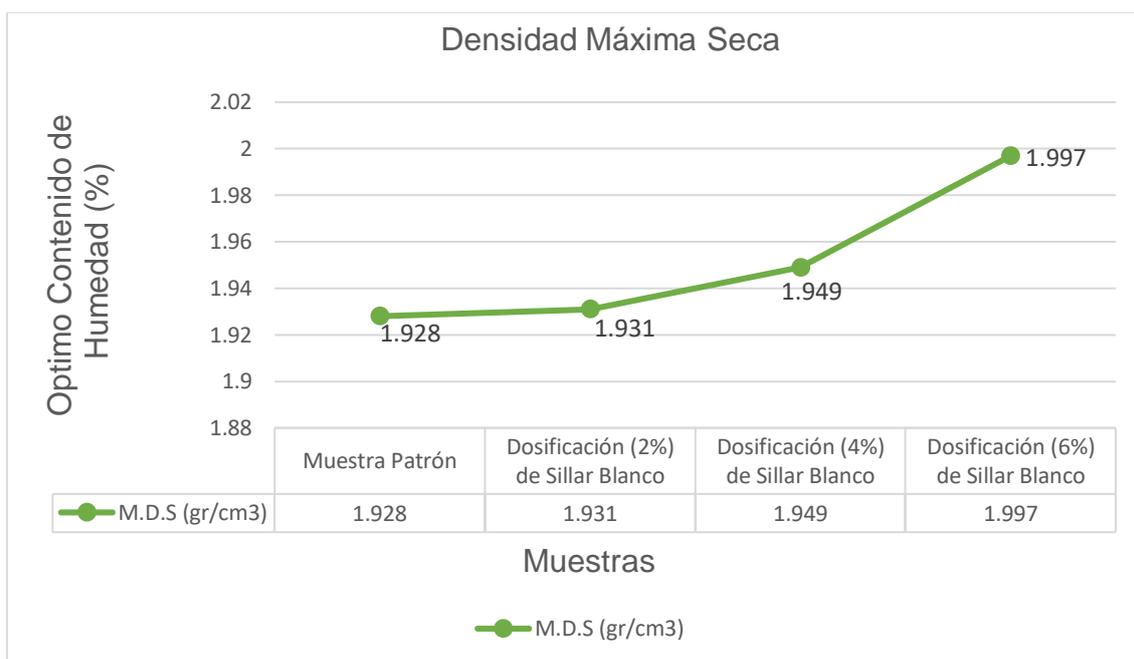


**Figura 31.** Muestra extraída del molde Proctor con el 6% de sillar blanco.

**Tabla 7.** M.D.S y O.C.H incorporando 2%, 4% y 6% de Sillar Blanco.

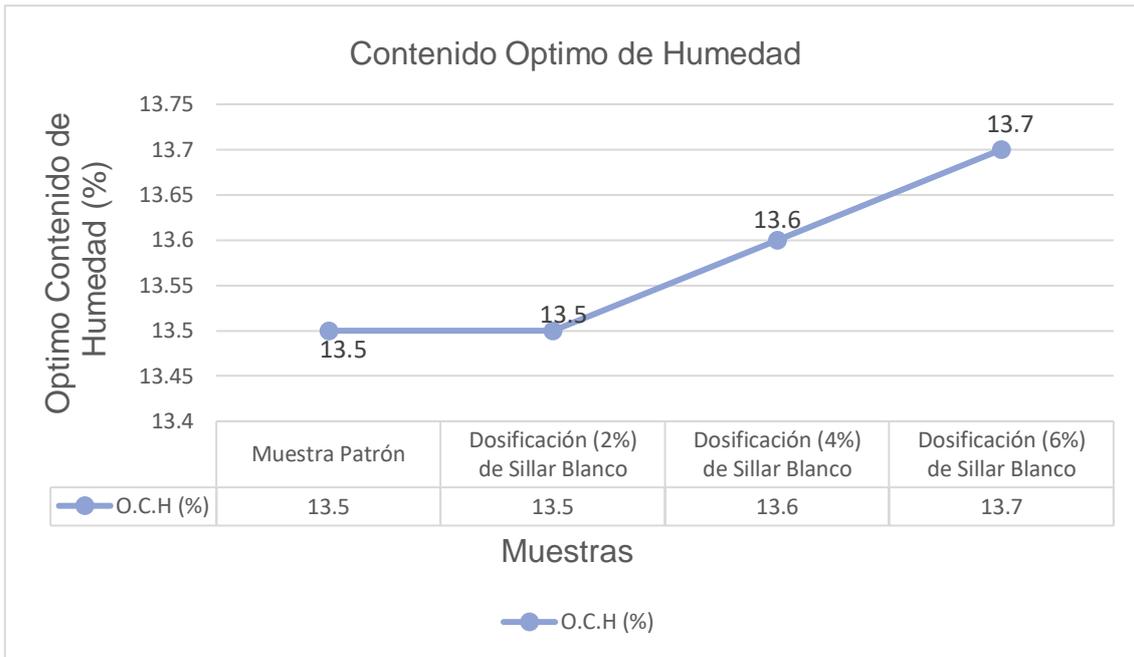
MUESTRA		Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Contenido Optimo de Humedad (%)
		M.D.S (gr/cm <sup>3</sup> )	O.C.H (%)
Muestra Patrón	Muestra A	1.928	13.5
Dosificación (2%) de Sillar Blanco	Muestra B	1.931	13.5
Dosificación (4%) de Sillar Blanco	Muestra C	1.949	13.6
Dosificación (6%) de Sillar Blanco	Muestra D	1.997	13.7

Fuente: Elaboración propia.



**Gráfico 1.** Densidad Máxima Seca incorporando 2%,4% y 6% de Sillar Blanco.

En el grafico 1. se puede evidenciar que la densidad máxima seca (M.D.S) aumenta a medida que se va incorporando el 2%, 4% y 6% de sillar blanco respecto a su muestra patrón.

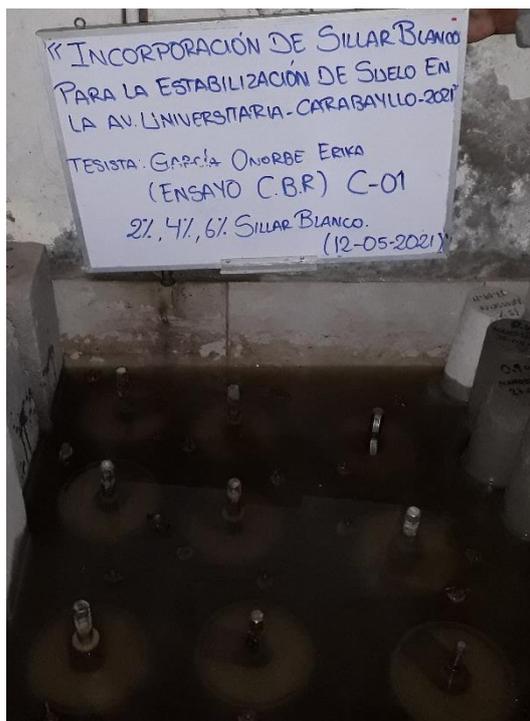


**Gráfico 2.** Contenido Optimo de Humedad incorporando 2%,4% y 6% de Sillar Blanco.

Lo que podemos observar del grafico 2. Son los resultados finales del ensayo del contenido óptimo de humedad (O.C.H), y se puede visualizar que a medida que se agrega el sillar blanco en sus diferentes dosificaciones también aumenta su contenido de humedad con respecto a su muestra patrón.

**OBJETIVO 2.** Determinar la influencia de la incorporación del sillar blanco en el porcentaje de expansión del suelo.

Para poder determinar la expansión del suelo se tuvo que realizar el ensayo de C.B.R que abarca compactar la muestra de suelo ya incorporado el sillar blanco en sus diferentes dosificaciones en un molde de 6 pulgadas con un pisón de 10 lbf, una vez ya obtenido el molde con la muestra se pasa a sumergir por cuatro días según indica la norma, tomando la lectura inicial con un deformímetro (trípode y dial manómetro) cada 24 horas, obteniendo así el porcentaje de expansión.



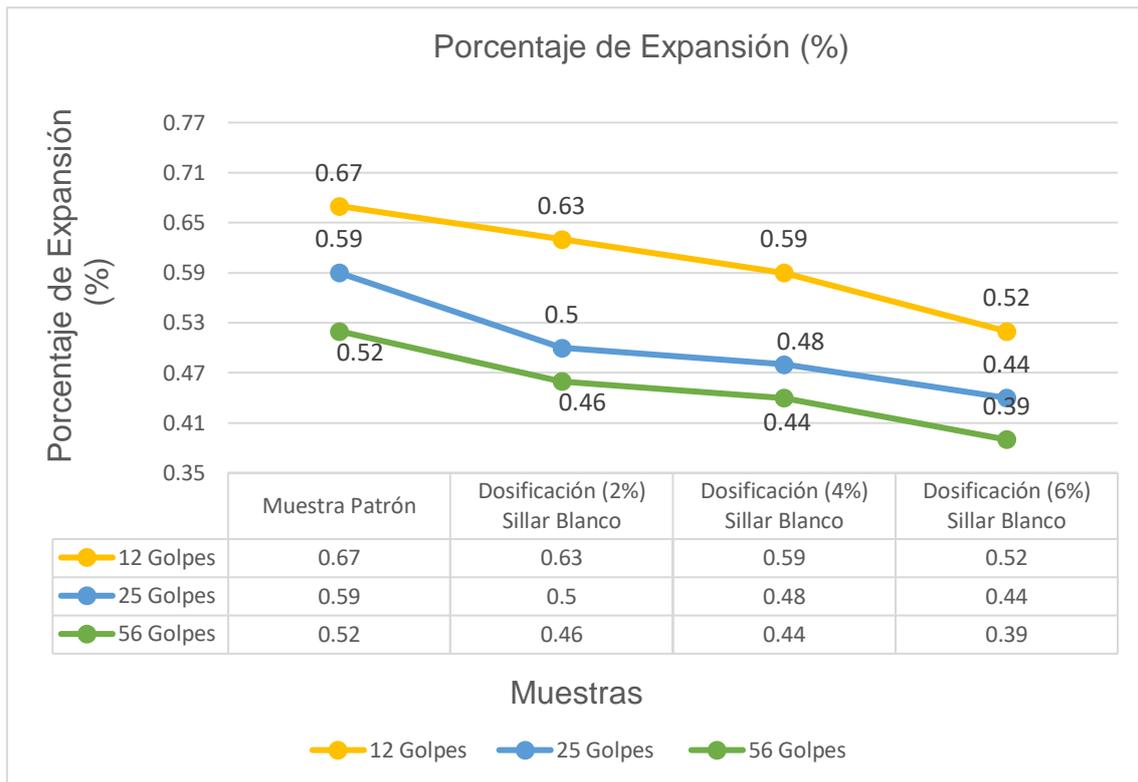
**Figura 32.** Moldes de CBR con la adición (2%, 4%, 6%) de sillar blanco sumergidos en la poza de saturación.

**Figura 33.** Lectura de la expansión con el deformímetro.

**Tabla 8.** Porcentaje de expansión incorporando 2%, 4% y 6% de Sillar Blanco.

MUESTRA		PORCENTAJE DE EXPANSION (%)								
		mm.	56 golpes		mm.	25 golpes		mm.	12 golpes	
Muestra Patrón	Muestra A	0.61	0.52	%	0.69	0.59	%	0.76	0.67	%
Dosificación (2%) Sillar Blanco	Muestra B	0.53	0.46	%	0.58	0.5	%	0.74	0.63	%
Dosificación (4%) Sillar Blanco	Muestra C	0.51	0.44	%	0.56	0.48	%	0.69	0.59	%
Dosificación (6%) Sillar Blanco	Muestra D	0.46	0.39	%	0.51	0.44	%	0.61	0.52	%

Fuente: Elaboración propia.



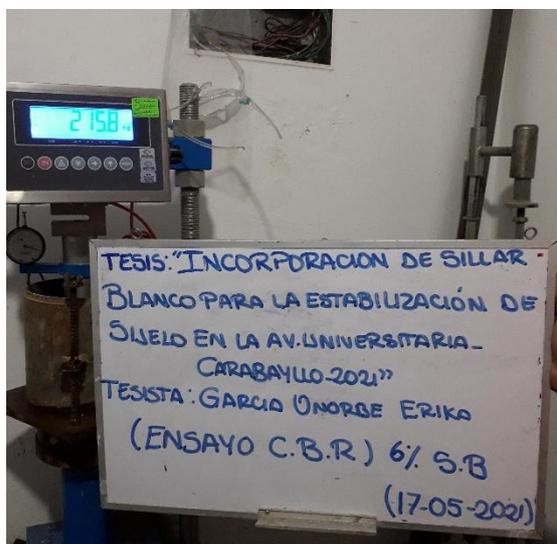
**Gráfico 3.** Porcentaje de Expansión incorporando 2%, 4% y 6% de Sillar Blanco.

Lo que podemos observar del gráfico 3. Son los resultados finales de expansión que presenta el suelo en sus respectivos moldes (56/25/12), estos moldes fueron sometidos a saturación durante cuatro días consecutivos y en este proceso fueron se tomaron las medidas de variación y expansión cada 24 horas, con el uso del trípode + dial manómetro (deformímetro) obteniendo como resultado que la expansión disminuye de forma inversa a su incorporación de sillar blanco.

**OBJETIVO 3.** Determinar la influencia de la incorporación del sillar blanco en la resistencia del suelo.

Para obtener la resistencia del suelo a estudiar se sometió a conocido ensayo de C.B.R que abarca compactar la muestra de suelo ya incorporado el sillar blanco en sus diferentes dosificaciones en un molde de 6 pulgadas con un pisón de 10 lbf, una vez ya obtenido el molde con la muestra se pasa a sumergir por cuatro días, pasado estos días se saca la muestra y se deja por un escurrir para

luego ser llevado a la prensa y ser sometido a una sobrecarga que simula a la carga del peso del pavimento.



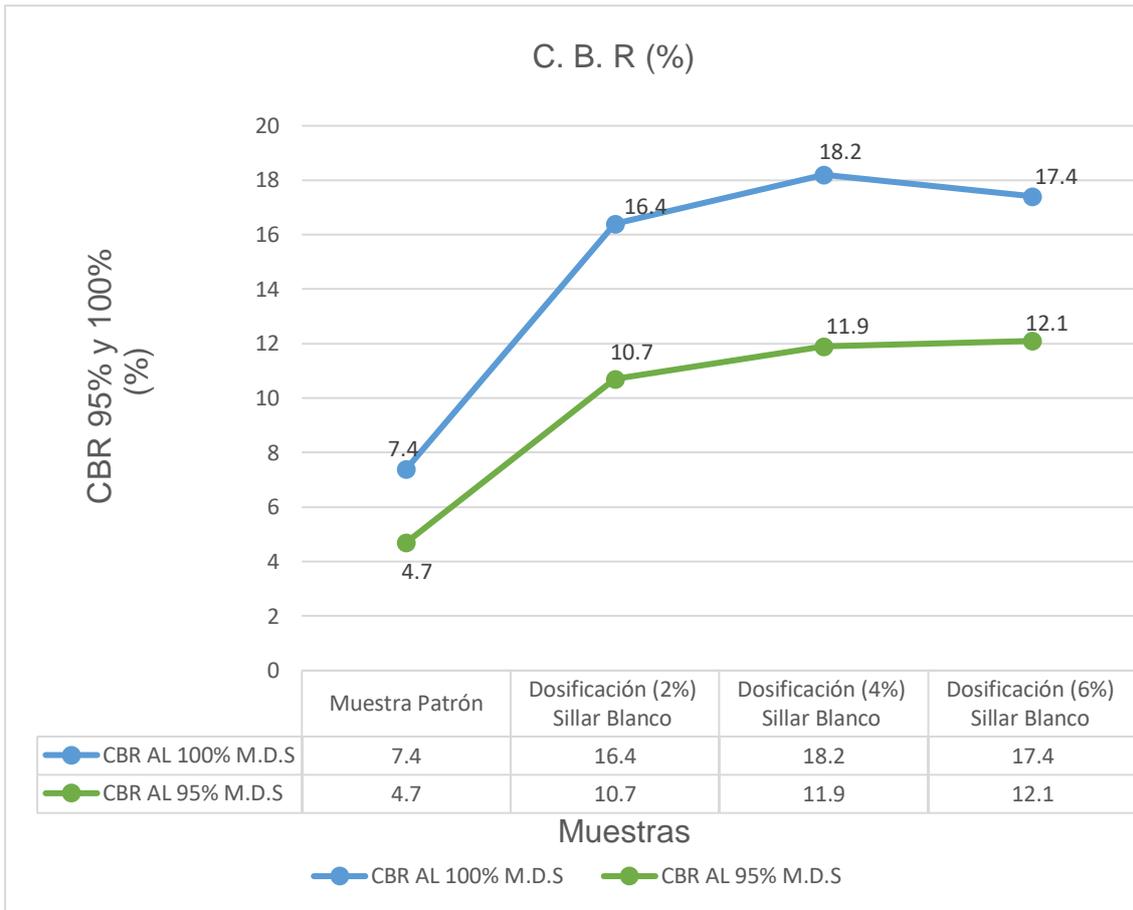
**Figura 34.** Ensayo de CBR con la incorporación de sillar blanco.

**Figura 35.** Moldes de CBR con la adición (2%, 4%, 6) de sillar ensayados

**Tabla 9.** C.B.R incorporando 2%, 4% y 6% de Sillar Blanco.

MUESTRA		CBR			
		CBR AL 95% M.D. S		CBR AL 100% M.D. S	
Muestra Patrón	Muestra A	4.7	%	7.4	%
Dosificación (2%) Sillar Blanco	Muestra B	10.7	%	16.4	%
Dosificación (4%) Sillar Blanco	Muestra C	11.9	%	18.2	%
Dosificación (6%) Sillar Blanco	Muestra D	12.1	%	17.4	%

Fuente: Elaboración propia.



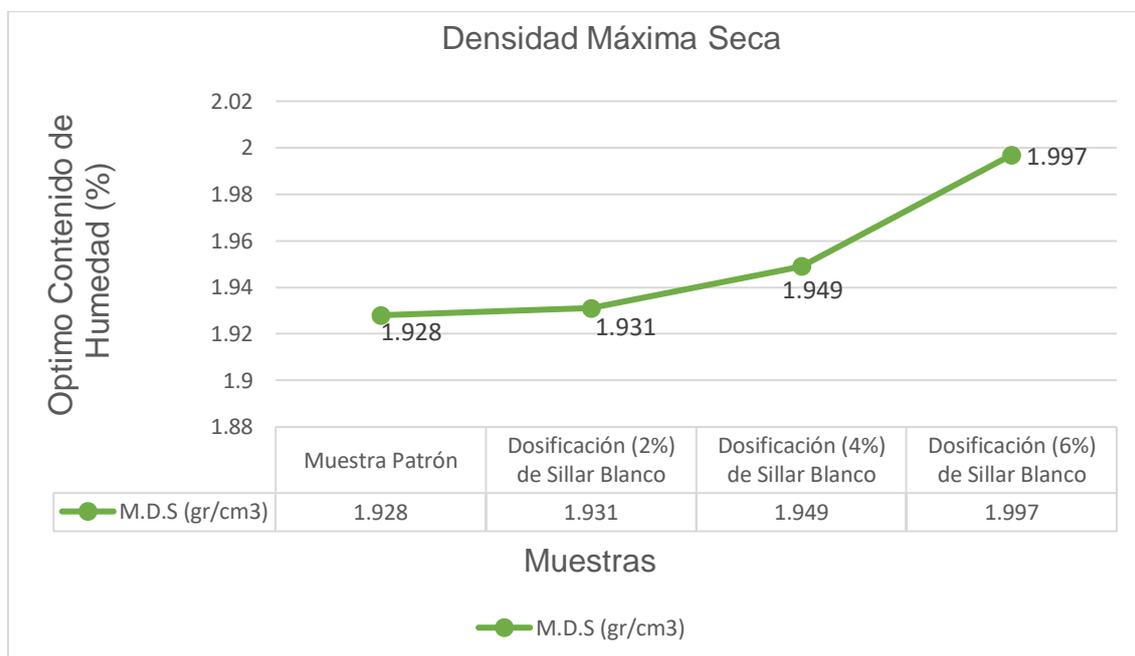
**Gráfico 4.** Valores CBR incorporando 2%, 4% y 6% de Sillar Blanco.

Lo que podemos observar del gráfico 4. Son los resultados finales del ensayo C.B.R a un 95% de compactación de su M.D.S con la adición del 2% de sillar blanco su C.B.R aumenta de 4.7% a 10.7%, con 4% aumenta a 11.9% y con un 6% de sillar blanco aumenta a 12.1% y a una compactación de 100% de su M.D.S, se puede observar que con el 2% aumenta de sillar blanco su C.B.R aumenta de 7.4% a 16.%, con el 4% aumenta a 18.2% y por último con el 6% de sillar blanco aumenta a 17.4%, por lo tanto considerando los resultados y los parámetros que dicta la norma de carreteras se opta como dosificación óptima 6% de sillar blanco.

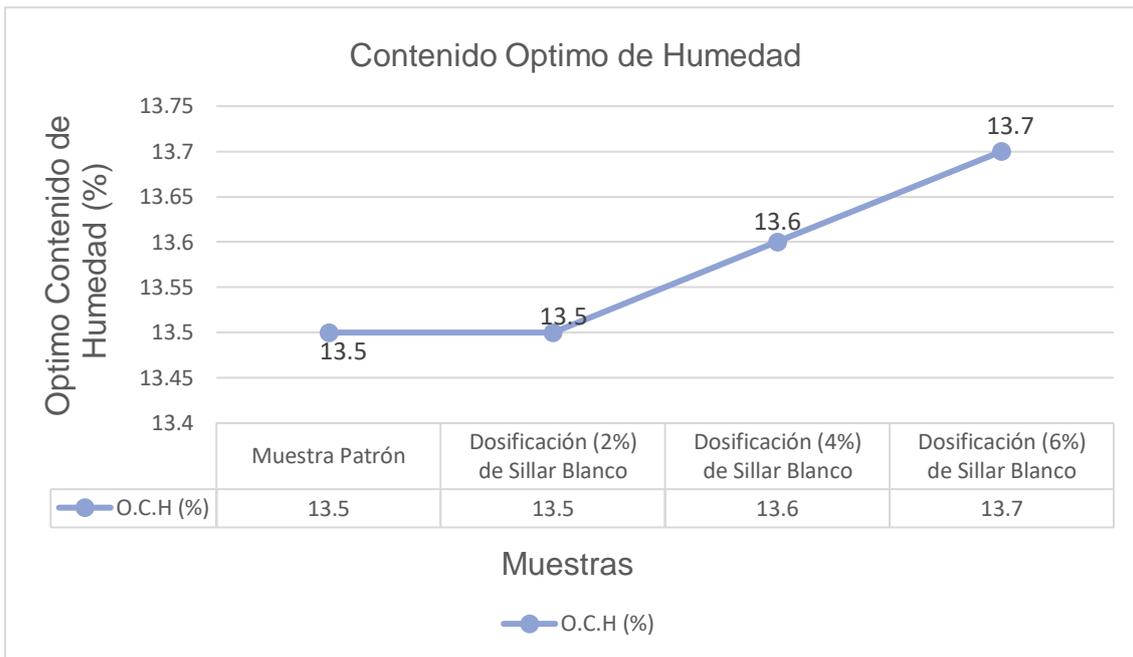
## V. DISCUSIONES

**OBJETIVO 1.** Determinar la influencia de la incorporación del sillar blanco en la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad del suelo.

En el ensayo de Proctor modificado obtendremos el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca, los resultados obtenidos de incorporar sillar blanco son, para la máxima densidad seca la cual su muestra base tiene 1.931 gr/cm<sup>3</sup>, con 2% de sillar blanco obtiene 1.928 gr/cm<sup>3</sup>, con 4% de sillar blanco obtiene 1.949 gr/cm<sup>3</sup>, con 6% de sillar blanco obtiene 1.997 gr/cm<sup>3</sup>, con estos resultados se puede ver un aumento en sus valores pero es mínimo, a su vez su contenido óptimo de humedad base es de 13.5%, en su primera dosificación de 2% de sillar blanco se mantuvo en 13.5%, en su segunda dosificación de 4% de sillar blanco aumentó a 13.6% y en su última dosificación de 6% de sillar blanco aumentó a 13.7%.

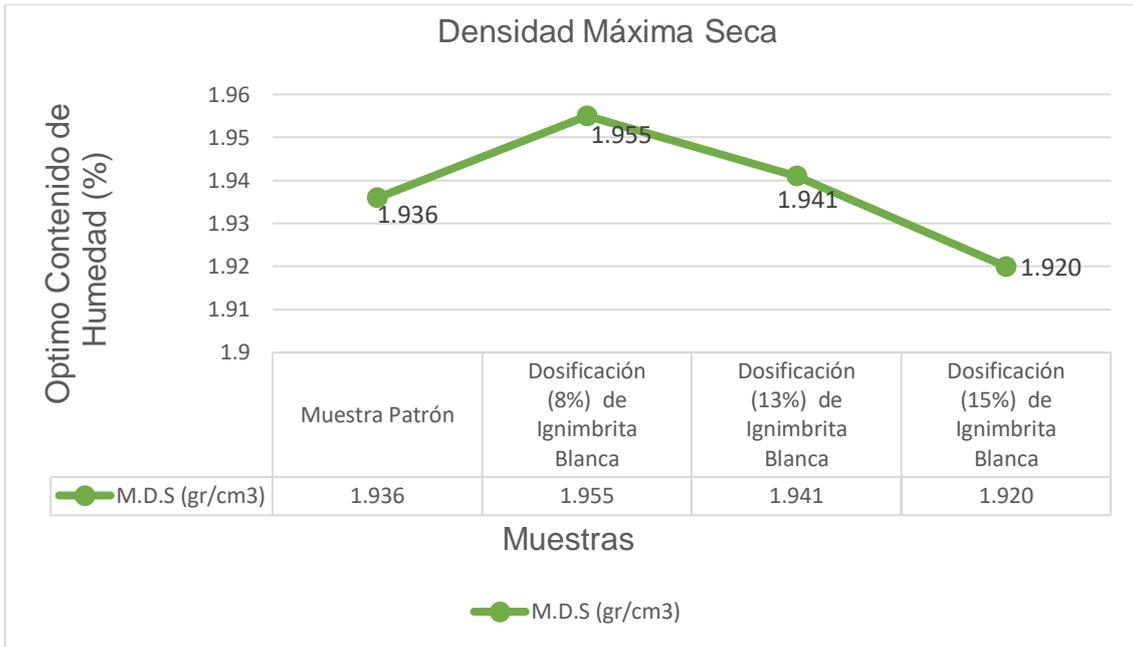


**Gráfico 5.** Densidad Máxima Seca incorporando 2%, 4% y 6% de Sillar Blanco.

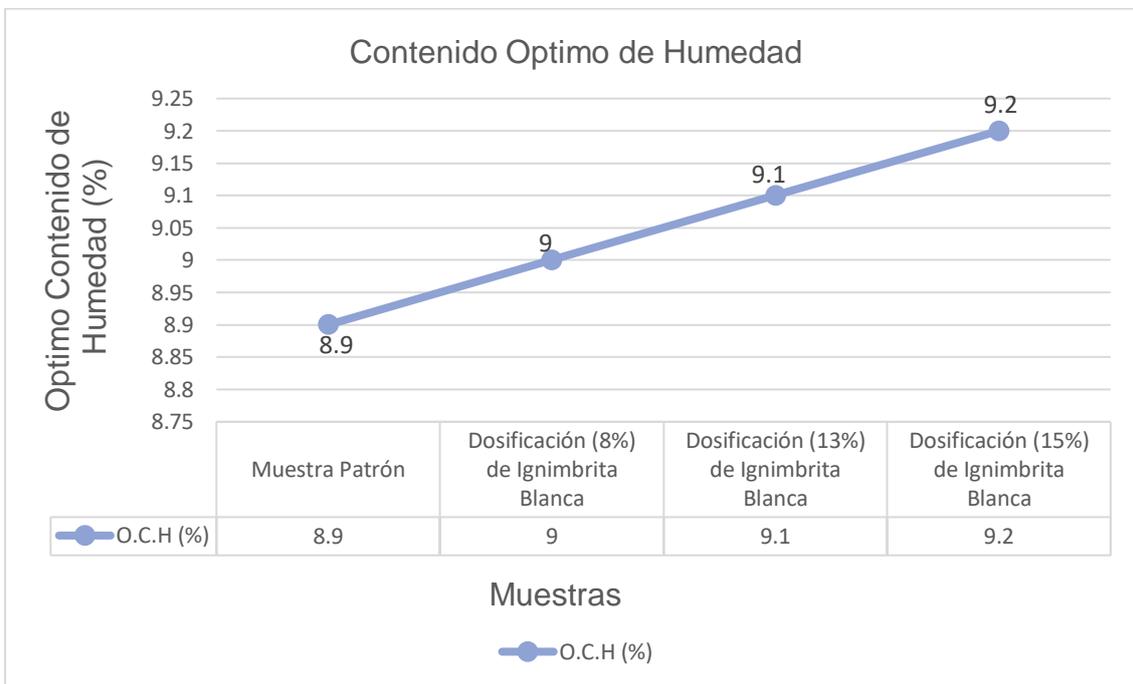


**Gráfico 6.** Contenido Optimo de Humedad incorporando 2%, 4% y 6% de Sillar Blanco.

Mientras que CASTRO, (2020). Incorpora ignimbrita blanca en sus muestras cuyos resultados obtenidos de incorporar ignimbrita blanca son, para la máxima densidad seca la cual su muestra base tiene 1.936 gr/cm<sup>3</sup>, con 8% de ignimbrita blanca obtiene 1.955 gr/cm<sup>3</sup>, con 13% de ignimbrita blanca obtiene 1.941 gr/cm<sup>3</sup>, con 18% de ignimbrita blanca obtiene 1.920 gr/cm<sup>3</sup>, con estos resultados se puede ver un aumento solo en su primera dosificación pero una disminución en las siguientes dosificaciones; a su vez el contenido óptimo de humedad base es de 8.9%, en su primera dosificación de 8% de ignimbrita blanca se aumentó en 9%, en su segunda dosificación de 13% de ignimbrita blanca aumentó a 9.1% y en su última dosificación de 18% de ignimbrita blanca aumentó a 9.2%.



**Gráfico 7.** Densidad Máxima Seca incorporando 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca.



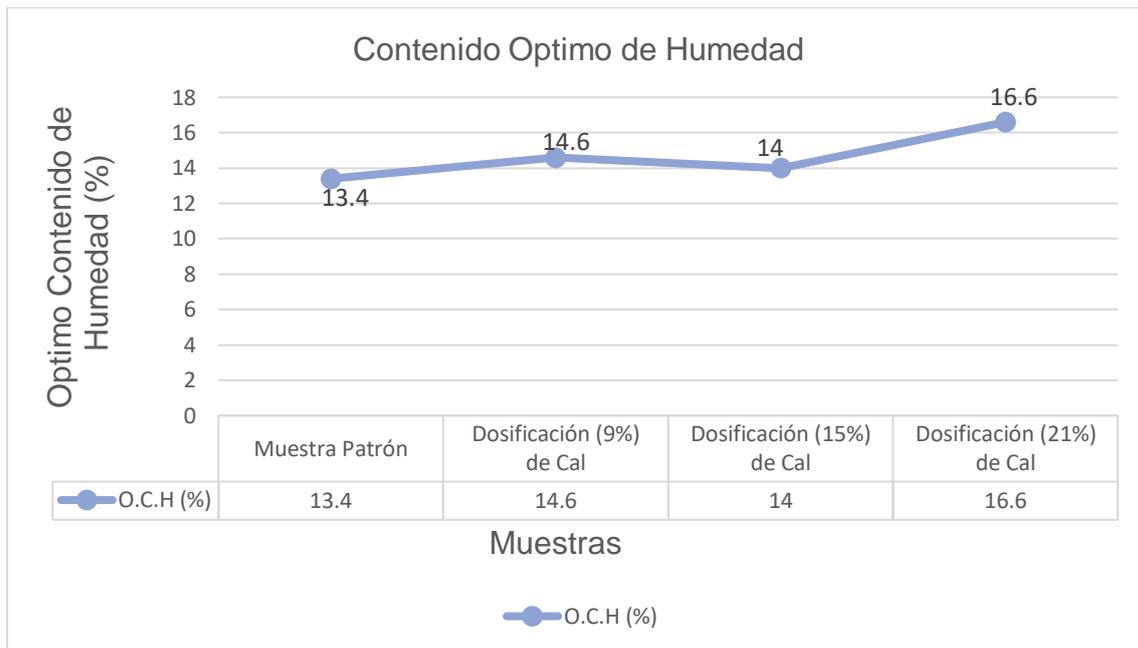
**Gráfico 8.** Contenido Optimo de Humedad incorporando 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca.

Haciendo un análisis comparativo de los resultados obtenidos en el laboratorio y los resultados de CASTRO sobre el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca, podemos concluir que se encuentra discrepancia en cuanto a la máxima densidad seca ya que al incorporar sillar blanco todos los valores aumentan, mientras que con la ignimbrita blanca los valores son variables y no estables, en cuanto al óptimo contenido de humedad se esta de acuerdo con CASTRO ya al incorporar sillar blanco los valores aumentan y con la ignimbrita blanca también, finalmente por ello se concuerda solo en el óptimo contenido de humedad.

Mientras que Molae y Rivera (2019). Incorpora cal en sus muestras, cuyos resultados obtenidos son, para la máxima densidad seca la cual su muestra base tiene 1.85 gr/cm<sup>3</sup>, con 9% de cal obtiene 1.87 gr/cm<sup>3</sup>, con 15% de cal obtiene 1.89 gr/cm<sup>3</sup>, con 21% de cal obtiene 1.88 gr/cm<sup>3</sup>, con estos resultados se puede ver un aumento en sus dos primeras dosificación pero una disminución en la última dosificación; a su vez el contenido óptimo de humedad base es de 13.4%, en su primera dosificación de 9% de cal aumentó en 14.6%, en su segunda dosificación de 15% de cal disminuyo a 14% y en su última dosificación de 21% de cal aumentó a 16.6%.



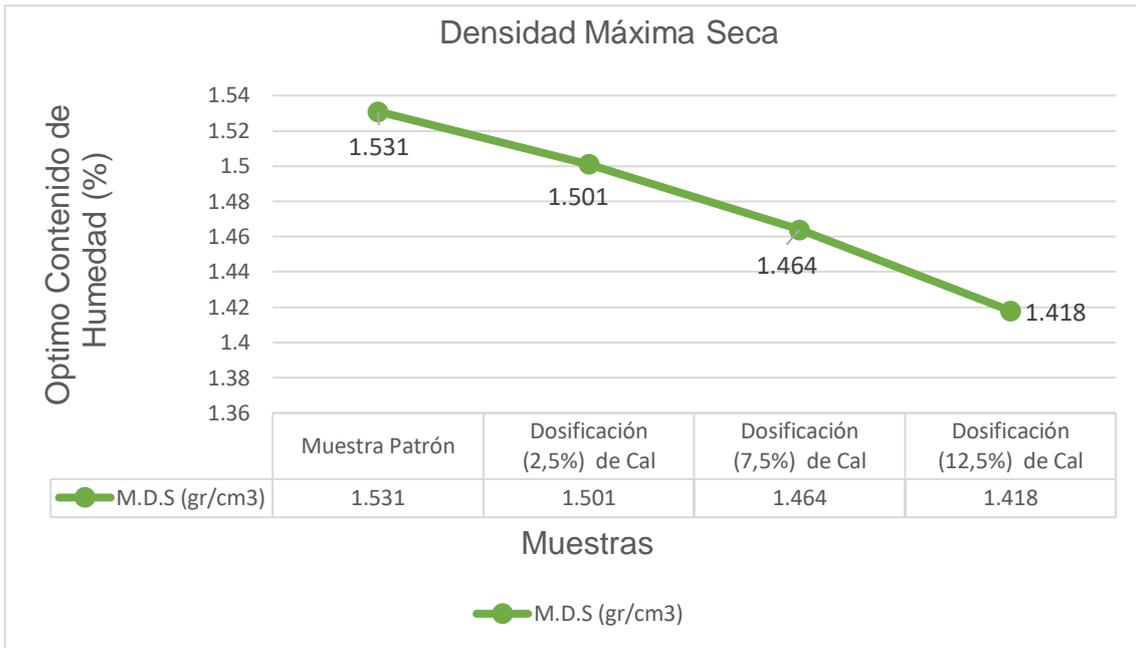
**Gráfico 9.** Densidad Máxima Seca incorporando 9%, 15% y 21% de Cal.



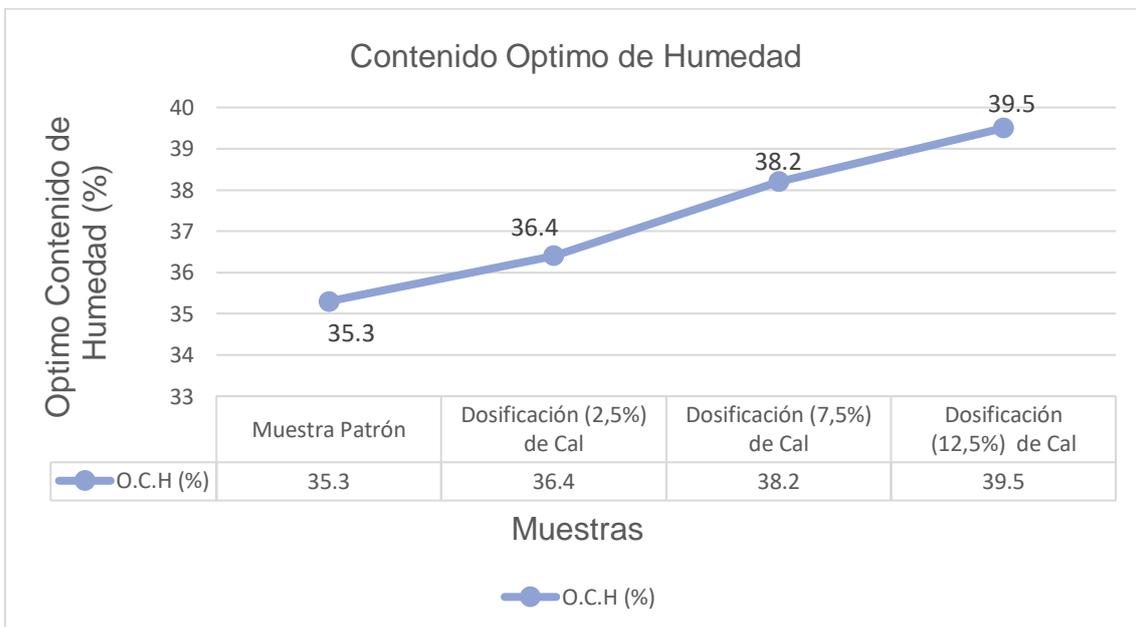
**Gráfico 10.** Contenido Optimo de Humedad incorporando 9%, 15% y 21% de Cal.

Haciendo un análisis comparativo de los resultados obtenidos en el laboratorio y los resultados de Molae y Rivera sobre el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca, podemos concluir que se está de acuerdo con el autor en cuanto a la máxima densidad seca ya que al incorporar sillar blanco todos los valores aumentan, a su vez con la cal los valores también aumentan, en cuanto al óptimo contenido de humedad se está de acuerdo con Molae y Rivera ya al incorporar sillar blanco los valores aumentan y con la cal también, finalmente por ello se concuerda los resultados en ambos ensayos.

Mientras que Guamán (2016). Incorpora cal en sus muestras, cuyos resultados obtenidos son, para la máxima densidad seca la cual su muestra base tiene 1.531 gr/cm<sup>3</sup>, con 2.5% de cal obtiene 1.501 gr/cm<sup>3</sup>, con 7.5% de cal obtiene 1.464 gr/cm<sup>3</sup>, con 12.5% de cal obtiene 1.418 gr/cm<sup>3</sup>, con estos resultados se puede ver la disminución desde sus primeras dosificación; a su vez el contenido óptimo de humedad base es de 35.3%, en su primera dosificación de 2.5% de cal aumentó en 36.4%, en su segunda dosificación de 7.5% de cal aumento a 38.2% y en su última dosificación de 12.5% de cal aumentó a 39.5%.



**Gráfico 11.** Densidad Máxima Seca incorporando 2.5%, 7.5% y 12.5% de Cal.



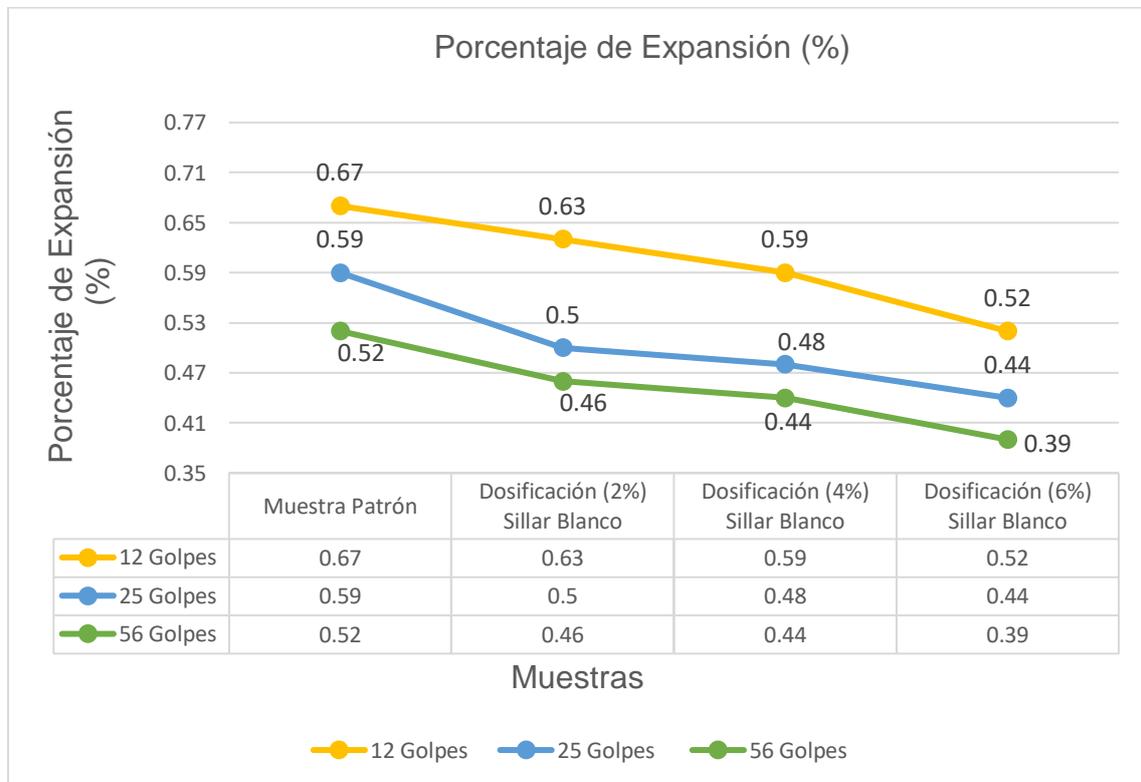
**Gráfico 12.** Contenido Optimo de Humedad incorporando 2.5%, 7.5% y 12.5% de Cal.

Haciendo un análisis comparativo de los resultados obtenidos en el laboratorio y los resultados de Guamán sobre el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca, podemos concluir que se encuentra discrepancia en cuanto a la máxima densidad seca ya que al incorporar sillar blanco todos los valores

aumentan, mientras que con la cal los valores disminuyen en todas sus dosificaciones, en cuanto al óptimo contenido de humedad se está de acuerdo con Guamán ya al incorporar sillar blanco los valores aumentan y con la también, finalmente por ello se concuerda solo en el óptimo contenido de humedad.

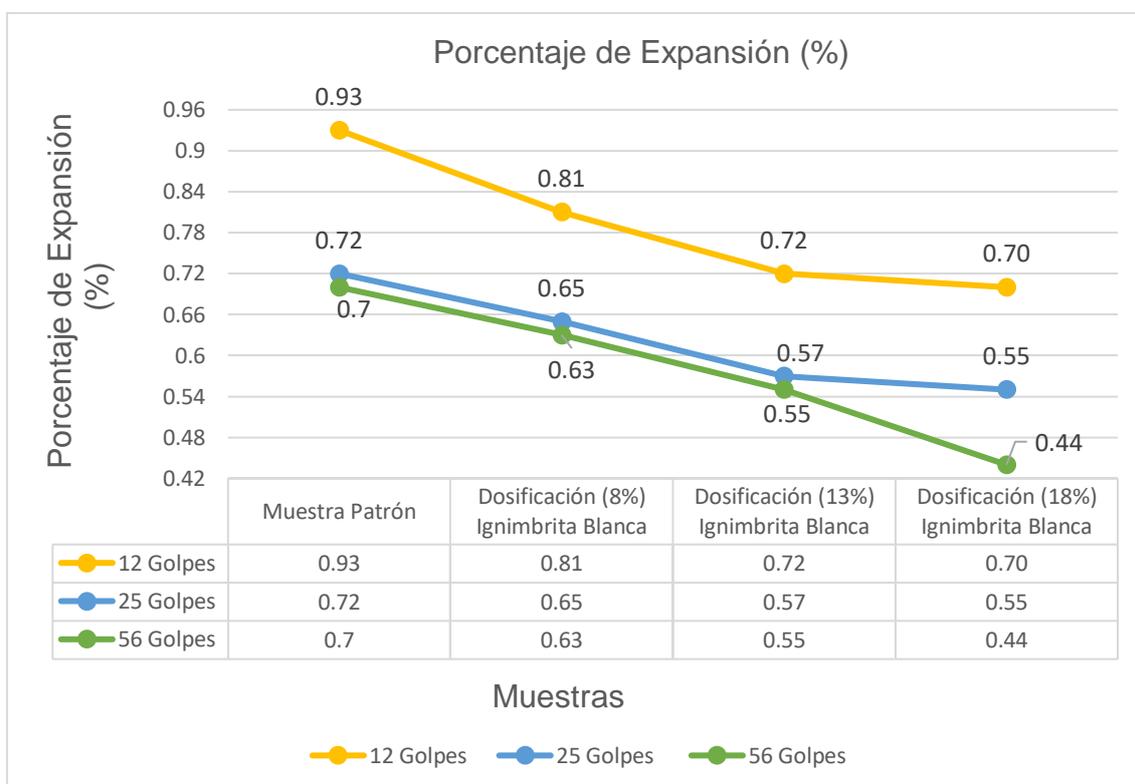
**OBJETIVO 2.** Determinar la influencia de la incorporación del sillar blanco en el porcentaje de expansión del suelo.

La expansión es un fenómeno del suelo al estar saturarlo en agua, estas deformidades son medidas durante días con instrumentos como el dial de deformación. se pudo observar que la expansión disminuyo a medida que se fue agregando sillar blanco ya que en su muestra base el porcentaje de expansión es de 0.52%, además que en el porcentaje 2% la expansión disminuyo a 0.46%, en el porcentaje 4% la expansión disminuyo a 0.44%, en el porcentaje 6% la expansión disminuyo a 0.39%. estos resultados fueron probados en moldes de (56/25/12) golpes respectivamente.



**Gráfico 13.** Porcentajes de Expansión incorporando 2%, 4% y 6% de Sillar Blanco.

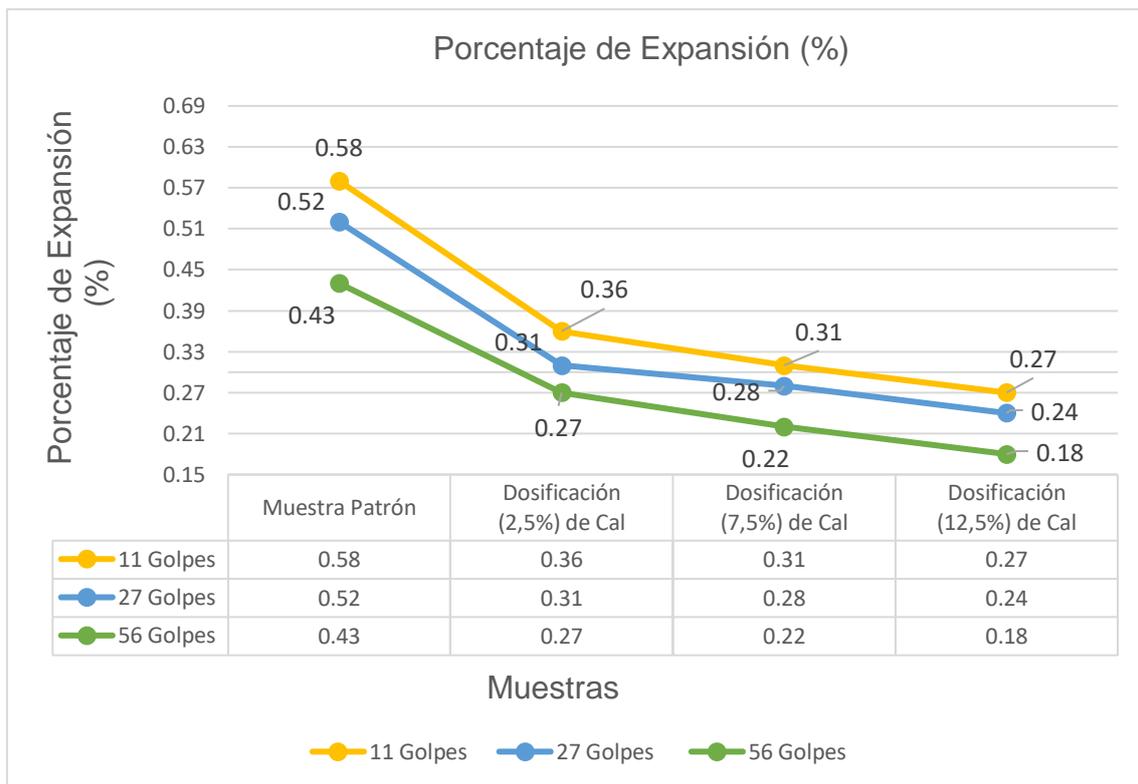
Mientras que CASTRO, (2020). Incorpora ignimbrita blanca en sus muestras, se observó que la expansión de sus muestras disminuyó a medida que se fue agregando ignimbrita blanca ya que en su muestra base el porcentaje de expansión fue de 0.7%, además que en el porcentaje 8% de ignimbrita blanca la expansión disminuyó a 0.63%, en el porcentaje 13% de ignimbrita blanca la expansión disminuyó a 0.55%, en el porcentaje 18% de ignimbrita blanca la expansión disminuyó a 0.44%. estos resultados fueron probados en moldes de (56/25/12) golpes respectivamente.



**Gráfico 14.** Porcentaje de Expansión incorporando 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca.

Haciendo una comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio y los resultados de CASTRO sobre la expansión del suelo, podemos concluir que el sillar blanco y la ignimbrita blanca son elementos que disminuyen la expansión del suelo, a pesar de tener dosificaciones muy variadas tienen un orden creciente y consecutivas entre ellas, por ello se puede concluir que esta investigación está de acuerdo con los resultados de CASTRO.

Mientras que Guamán, (2016). Incorpora cal en sus muestras, se observó que la expansión de sus muestras disminuyó a medida que se fue agregando cal, ya que en su muestra base el porcentaje de expansión fue de 0.43%, además que en el porcentaje 2.5% de cal la expansión disminuyó a 0.27%, en el porcentaje 7.5% de cal la expansión disminuyó a 0.22%, en el porcentaje 12.5% de cal la expansión disminuyó a 0.18%. Estos resultados fueron probados en moldes de (56/25/12) golpes respectivamente.

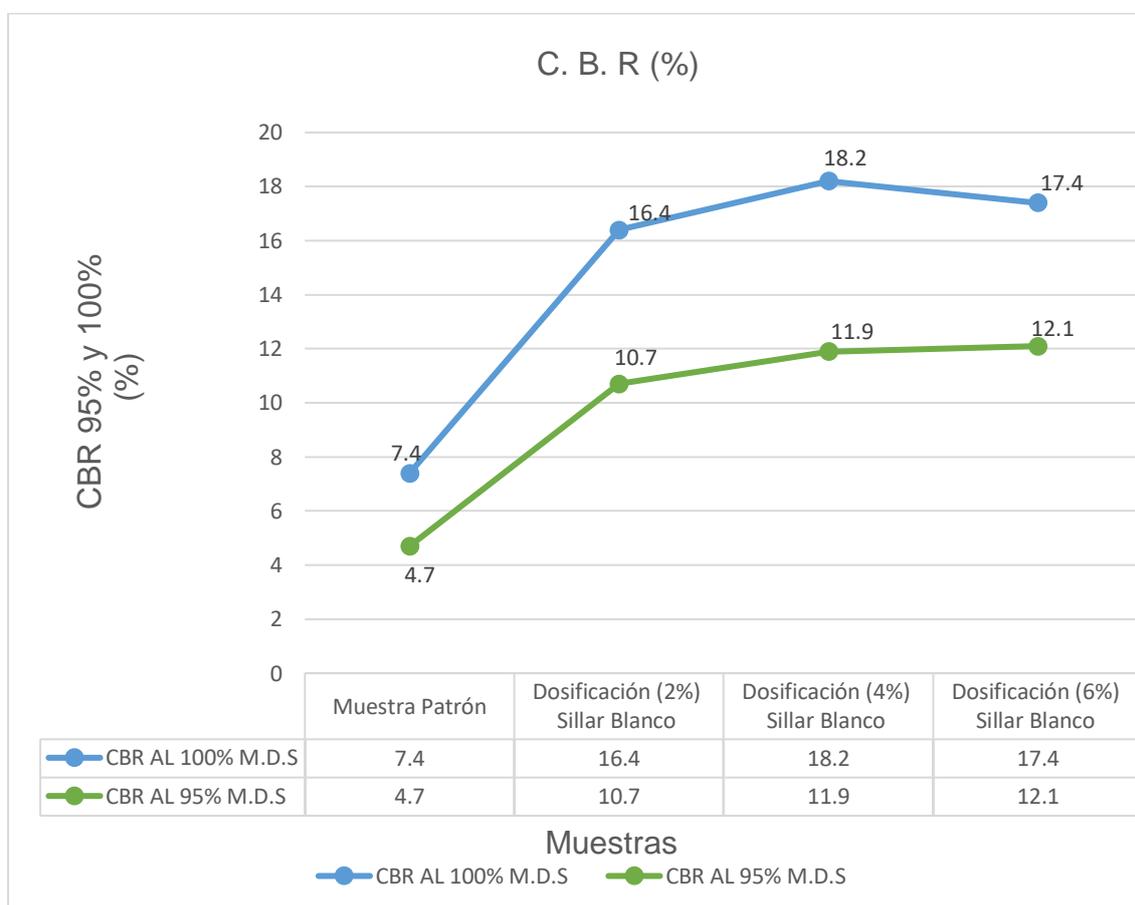


**Gráfico 15.** Porcentaje de Expansión incorporando 2.5%, 7.5% y 12.5% de Cal.

Haciendo una comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio y los resultados de GUAMAN sobre la expansión del suelo, podemos concluir que el sillar blanco y la cal son elementos que disminuyen la expansión del suelo, a pesar de tener dosificaciones muy variadas tienen un orden creciente y consecutivas entre ellas, por ello se puede concluir que esta investigación está de acuerdo con los resultados de GUAMAN.

**OBJETIVO 3.** Determinar la influencia de la incorporación del sillar blanco en la resistencia del suelo.

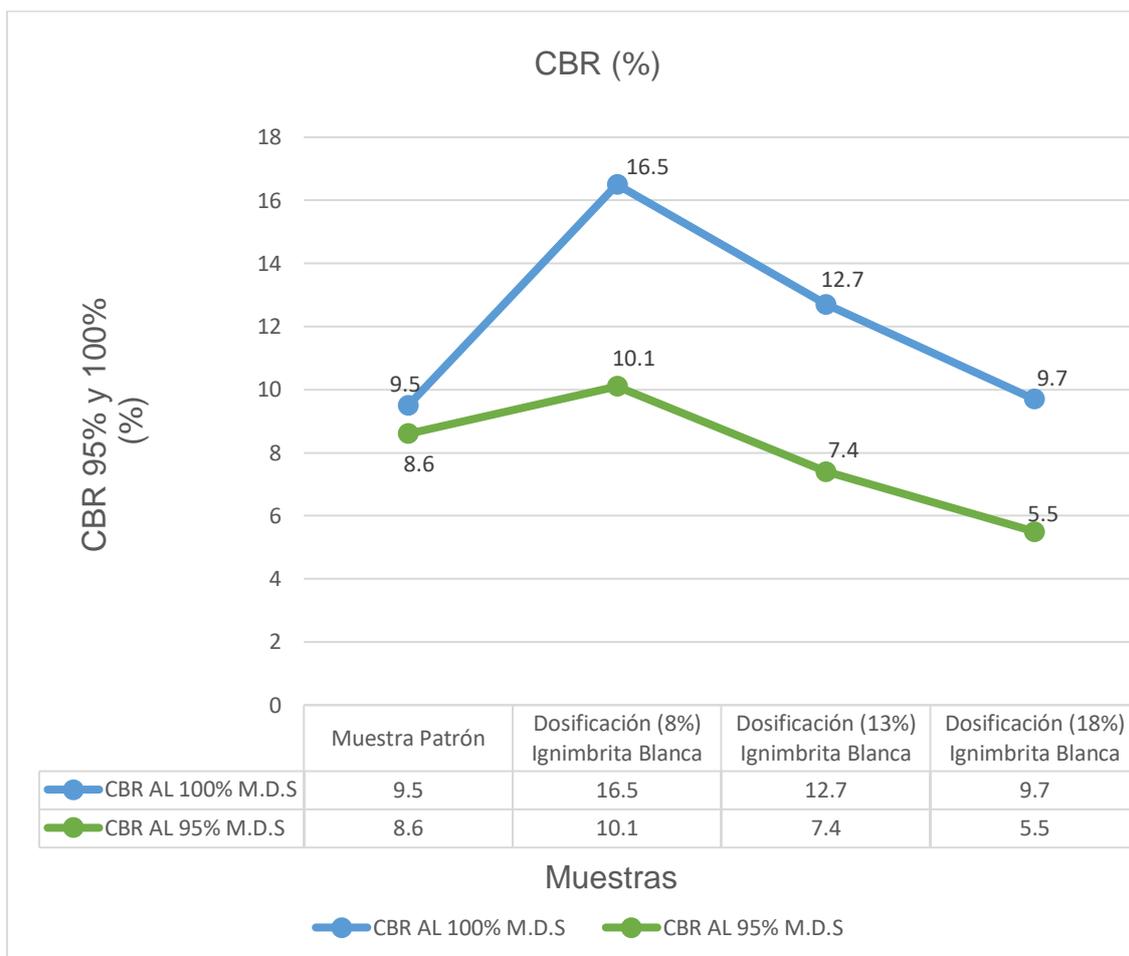
En los ensayos de C.B.R al 95% de su M.D.S al incorporar sillar blanco se obtuvieron los siguientes valores, el ensayo C.B.R dio como resultados 4.7% a la muestra base, el ensayo C.B.R al 2% de sillar blanco dio como resultados 10.7%, el ensayo C.B.R al 4% de sillar blanco dio como resultados 11.9%, el ensayo C.B.R al 6% de sillar blanco dio como resultados 12.1%, con estos resultados podemos indicar que los valores de C.B.R aumentan de manera correlativa a su dosificación.



**Gráfico 16.** Valores CBR incorporando 2%, 4% y 6% de Sillar Blanco.

Mientras que Castro (2020), incorporo ignimbrita blanca en sus muestras y realizo los ensayos de C.B.R a un 95% de compactación de su máxima densidad seca, obtuvo los siguientes valores, el ensayo C.B.R dio como resultados 8.6% a la muestra base, el ensayo C.B.R al 8% de ignimbrita blanca

dio como resultados 10.1%, el ensayo C.B.R al 13% de ignimbrita blanca dio como resultados 7.4%, el ensayo C.B.R al 18% de ignimbrita blanca dio como resultados 5.5%, con estos resultados podemos indicar que los valores de C.B.R de CASTRO, solo aumento en la primera dosificación y empezó a disminuir en las siguientes.

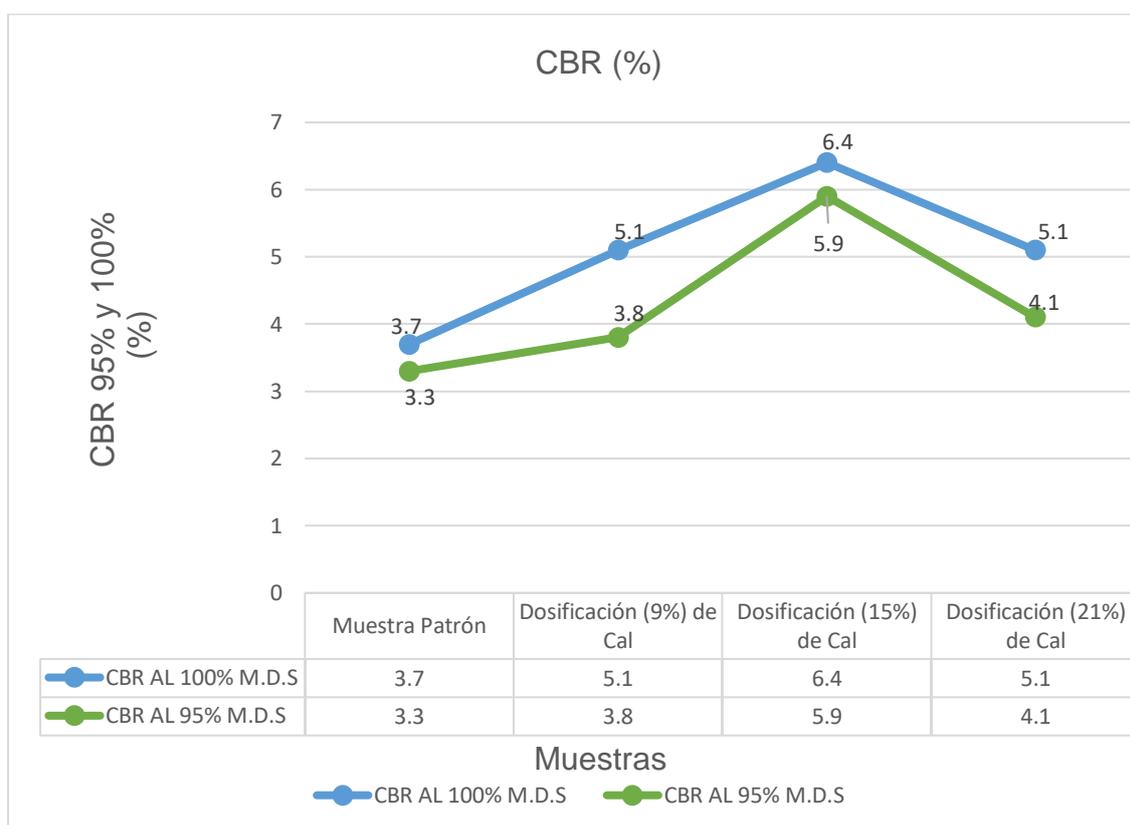


**Gráfico 17.** Valores CBR con dosificaciones de 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca.

Haciendo una comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio y los resultados de CASTRO sobre el C.B.R, podemos concluir que el sillar blanco y la ignimbrita blanca son elementos muy parecidos pero, en cuanto a resultados se discrepa del autor, ya que a medida se fue incorporando sillar blanco el valor del C.B.R aumenta en todas sus dosificaciones correlacionalmente en cambio al incorporar ignimbrita blanca el valor del C.B.R aumenta solo en su primera dosificación y en sus dos últimas dosificaciones su valor decae notoriamente. Sin

embargo, ambos materiales a pesar de tener los mismos componentes y discrepar, están dentro de los parámetros establecidos por la norma.

Mientras que Molae y Rivera (2019), incorporo cal en sus muestras y realizo los ensayos de C.B.R a un 95% de compactación de su máxima densidad seca, obtuvo los siguientes valores, el ensayo C.B.R dio como resultados 3.3% a la muestra base, el ensayo C.B.R al 9% de cal dio como resultados 3.8%, el ensayo C.B.R al 15% de cal dio como resultados 5.9%, el ensayo C.B.R al 21% de cal dio como resultados 4.1%, con estos resultados podemos indicar que los valores de C.B.R de Molae y Rivera, aumentan en su primera y segunda dosificación de cal y empieza a disminuir en la última dosificación.

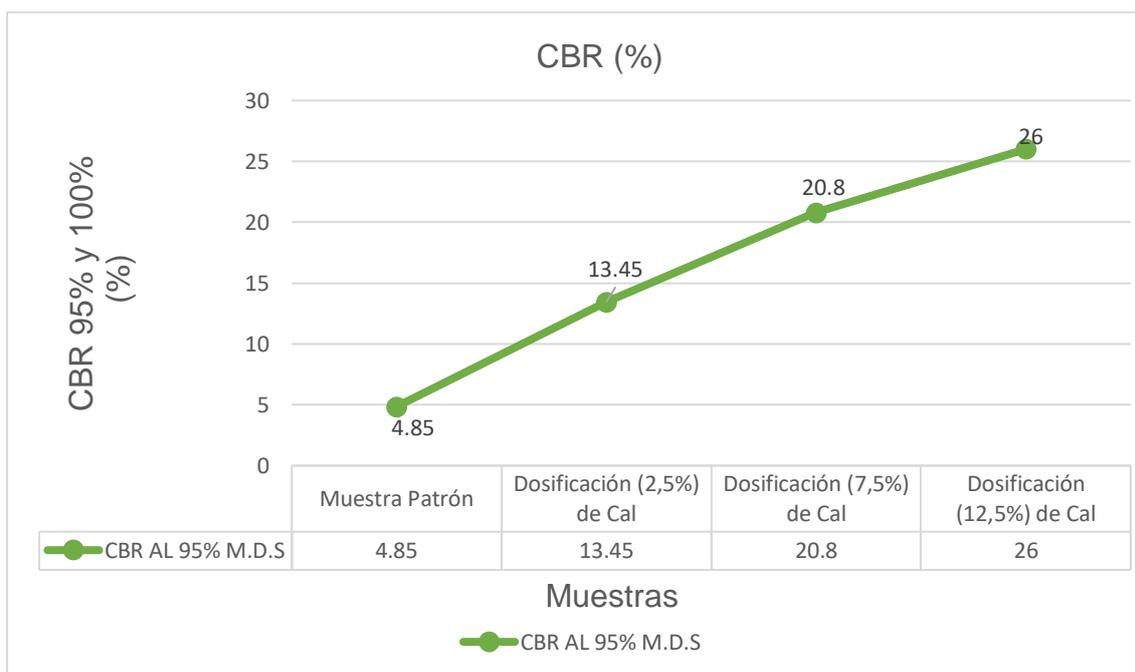


**Gráfico 18.** Valores CBR incorporando 9%, 15% y 21% de Cal.

Haciendo una comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio y los resultados de Molae y Rivera sobre el C.B.R, podemos concluir que el sillar blanco y la cal son elementos muy parecidos, pero, en cuanto a resultados se concuerda con el autor, ya que a medida se fue incorporando sillar blanco el

valor del C.B.R aumenta en todas sus dosificaciones correlacionalmente de igual manera al incorporar ignimbrita blanca el valor del C.B.R aumenta solo en sus tres dosificaciones. además, están dentro de los parámetros establecidos por la norma.

Mientras que Guamán. (2016), incorporo cal en sus muestras y realizo los ensayos de C.B.R a un 95% de compactación de su máxima densidad seca, obtuvo los siguientes valores, el ensayo C.B.R dio como resultados 4.85% a la muestra base, el ensayo C.B.R al 2.5% de cal dio como resultados 13.45%, el ensayo C.B.R al 7.5% de cal dio como resultados 20.8%, el ensayo C.B.R al 12.5% de cal dio como resultados 26%, con estos resultados podemos indicar que los valores de C.B.R de Guamán, aumentan en sus tres dosificaciones de manera consecutiva.



**Gráfico 19.** Valores CBR incorporando 2.5%, 7.5% y 12.5% de Cal.

Haciendo una comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio y los resultados de Guamán sobre el C.B.R, podemos concluir que el sillar blanco y la cal son elementos muy parecidos, pero, en cuanto a resultados se concuerda con el autor, ya que a medida se fue incorporando sillar blanco el valor del C.B.R aumenta en todas sus dosificaciones correlacionalmente de igual manera al

incorporar ignimbrita blanca el valor del C.B.R aumenta solo en sus tres dosificaciones. además, están dentro de los parámetros establecidos por la norma.

## VI.CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el ensayo de compactación de Proctor Modificado se puede concluir que la incorporación de sillar blanco modifica a las propiedades del suelo, el cual se evidencia en los resultados para la densidad máxima seca el cual fue de 1.928gr/cm<sup>3</sup> de la muestra patrón y con la incorporación del 2%, 4% y 6% de sillar blanco aumentó a 1.931gr/cm<sup>3</sup>, 1.949gr/cm<sup>3</sup> y de 1.997gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, así mismo el resultado para el contenido óptimo de humedad fue de 13.5% de la muestra patrón y al incorporar el 2%, 4% y 6% del material propuesto su O.C.H en su primera dosificación se mantiene en 13.5% pero en sus siguientes dosificaciones logra aumentar mínimamente a 13.6% 13.7% respectivamente, con esto se puede concluir que el material al ser poroso y seco absorbe agua lo cual se evidencia con los resultados de MDS y OCH que ambos aumentan.

Del ensayo de compactación de C.B.R se obtiene la expansión del suelo lo cual se puede concluir que la incorporación de sillar blanco influye positivamente en esta propiedad del suelo ya que el suelo al estar expuesto en agua por 4 días en una poza de saturación los porcentajes de expansión del suelo disminuyen en función de la muestra patrón a medida que se va incorporando el 2%, 4% y 6% de sillar blanco lo cual esto se evidencian en las lecturas finales de los moldes de 56, 25 y 12 golpes, sin embargo tomando en cuenta los moldes a mayor compactación se evidencia que la muestra patrón finalizó con un 0.52% de expansión, en su primera dosificación disminuyó a 0.46% de expansión, en la segunda dosificación se obtuvo el valor de 0.44% de expansión y por ultimo con la incorporación del 6% de sillar blanco se obtuvo una lectura de 0.39% de expansión, con esto se puede concluir que la incorporación de este material propuesto es beneficioso para este tipo de suelo ya que hace que no se expanda.

En los resultados obtenidos en el ensayo de compactación de C.B.R obtuvieron que la muestra patrón cuenta con un valor de 4.7% de C.B.R con un 95% de su MDS lo cual el manual de carreteras lo clasifica como un suelo de subrasante pobre y al incorporar las dosificaciones de 2%, 4% y 6% de sillar blanco el C.B.R

al 95% de su M.D.S aumentó a 10.7%, 11.9% y 12.1%, así mismo su C.B.R al 100% de su MDS aumentó de 7.4% a 16.4%, 18.2% y 17.4% respectivamente con esto se puede concluir que el material (sillar blanco) propuesto en esta investigación destaca su influencia ya que de ser un suelo con subrasante pobre (95%MDS) porque son < 5% C.B.R pasa a ser un suelo con subrasante buena >10% y < 20% C.B.R.

Se puede concluir que la incorporación del sillar blanco influye favorablemente al ir incrementando sus dosificaciones en el suelo, debido a que ha podido mejorar las condiciones de este logrando el objetivo principal que era estabilizar el suelo ya que pasó de ser un suelo con subrasante pobre a ser un suelo con subrasante bueno apto para ser trabajado, obteniendo como dosificación optima el 6% de sillar blanco para este tipo de suelo.

## **VII.RECOMENDACIONES**

En el ensayo de compactación de Proctor Modificado en la M.D.S y el O.C.H se sugiere tomar en cuenta el aumento en ambos valores, ya que a medida se iban incorporando sus dosificaciones estos valores aumentaron, por lo que se recomienda seguir haciendo más investigaciones para verificar que si al incorporar este material se mantiene la relación o varían los resultados (M.D.S aumenta y el O.C.H disminuye o viceversa) con diferentes dosificaciones.

Se recomienda seguir con la investigación en diferentes tipos de suelos y con diferentes dosificaciones de este material propuesto (sillar blanco) y así poder comprobar y analizar si la expansión del suelo seguirá disminuyendo o podría aumentar con este material.

Se recomienda seguir investigando la influencia del sillar blanco en diferentes tipos de suelos ya que se podría optar como un nuevo agente estabilizador, así mismo para este tipo de suelo se recomienda dosificaciones entre 6% y 8% ya que tomando en cuenta el primer antecedente para esta investigación el cual utiliza un material con las mismas propiedades y composiciones mineralógicas igual, el autor recomienda valores menores al 8%.

## Referencias

**AIRE, ALFONSO. 2012.** *MANUAL DEL SILLAR: CARACTERISTICAS DE LAS CANTERAS DEL SILLAR.* AREQUIPA - PERU : s.n., 2012.

**ALARCON, MIGUEL y NUÑEZ , ANA. 2013.** *ESTUDIO DEL SILLAR y SU IMPORTANCIA EN LA ARQUITECTURA DEL CENTRO HISTORICO DE AREQUIPA PARA LA PROMOCION TURISTICA DE LA CIUDAD 2012.* AREQUIPA - PERU : s.n., 2013.

**ANOL, BHATTACHERIEE. 2012.** *SOCIAL SCIENCE REARCH PRINCIPPLES METHODS AND PRACTICES.* ESTADOS UNIDOS : s.n., 2012.

**BUILES, MANUEL, MILLAN, ALVARO y GOMEZ , DINA. 2011.** *RESISTENCIA AL CORTE DE CENIZAS DE ORIGEN VOLCANICO CONSIDERANDO SU ANISTROPIA INHERENTE. .* COLOMBIA: PAN - AM GEOTECHNICAL CONFERENCE , 2011.

**CANALS, LAIA. 2017.** *INTRUMENTS FOR GATHERING .* BARCELONA : s.n., 2017.

**CARRANZA , ROBERTO. 1987.** *TECNICAS BASICAS DE CONSTRUCCION.* 1987.

**CARRASCO , ANDREA y ROUVIROS, ROMINA. 2013.** *PRODUCTO TURISTICO LA RUTA DEL SILLAR EN AREQUIPA Y EL INTERES DE LO TURISTAS NACIONALES Y EXTRANJEROS.* AREQUIPA - PERU : s.n., 2013.

**CASTRO , CLINT. 2020.** *ESTABILIZACION DE SUELO INCORPORANDO IGNIMBRITA BLANCA Y MUCILAGO DE TUNA EN EL ACCESO HUANCARQUI A LA MINA ZAFRANAL, REGION AREQUIPA, 2019.* LIMA : s.n., 2020.

**CASTRO, FERNANDO. 2015.** *PAUTAS METODOLOGICAS PARA EL DESARROLLO DE ALTERNATIVAS DE PAVIMENTOS EN LA FORMULACION Y EVALUACION SOCIAL DE PROYECTOS DE INVERSION PUBLICA DE CARRETERAS.* LIMA : s.n., 2015.

**CORBATTA, PIERGIOTGIO. 2007.** *METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION SOCIAL. .* ESPAÑA : s.n., 2007.

**CORRALES, LENNI. 2019.** *ESTUDIO DE LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS DEL RIO TAMBO POR (Cd<sup>2+</sup> y Pb<sup>2+</sup>) Y SU REMEDACION CON SILLAR MODIFICADO, POR EL METODO DE INTERCAMBIO IONICO. .* AREQUIPA - PERU : s.n., 2019.

**CRESPO, CARLOS. 2004.** *MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS.* MEXICO : LIMUSA, S.A, 2004.

**CUADROS, CLAUDIA. 2017.** *MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS-MECANICAS DE LA SUBRASANTE EN UNA VIA AFIRMACION DE LA RED VIAL DEPARTAMENTO DE LA REGION JUNIN MEDIANTE LA*

*ESTABILIZACION QUIMICA CON OXIDO DE CALCIO-2016.* HUANCAYO : s.n., 2017.

**CUEVA, GONZALES. 2017.** *PERCEPCION DE LOS CORTADORES DE IGNIMBRITA DE LA QUEBRADA DE AÑASHUAYCO COMO PATRIMONIO CULTURAL.* . AREQUIPA- PERU : s.n., 2017.

**DEEPAK, NEENA. 2018.** *RESEARCH METHODOLOGY .* NEW DELHI : s.n., 2018.

**ESCOBAR , ESTELA. 2016.** *APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS VOLCANICOS EN EL CAMPO DE CLATRAVA.* . MINA - ESPAÑA : s.n., 2016.

*ESTABILIZACION DE SUELO CON CENIZAS DE CARBON PARA USO COMO SUBRASANTE MEJORADA.* . **GOÑAS, OLGER y SALDAÑA, JHON . 2020.** CHACHAPOYAS - PERU : s.n., 2020. 241-8822.

*ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA CARPETA DE RODADO ESTABILIZDO CON CLORURO DE CALCIO.* **MORALES , EDUARDO y PAILACURA, CARLO. 219.** CHILE : s.n., 219.

**FLANNELLY , LAURA. 2014.** *JOURNAL OF HEALTH CARE CHAPLAINCY .* USA : s.n., 2014.

**GAVILANES, ERICK. 215.** *ESTABILIZACION Y MEJORAMIENTO DE SUBRANSATE MEDIANTE CAL Y CEMENTO PARA UNA OBRA VIAL EN EL SECTOR DE SANTOS PAMPA COLINAS DEL SUR.* QUITO - ECUADOR : s.n., 215.

**GUAMÁN, ISRAEL. 2016.** *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTODE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS METODOS QUIMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO).* AMBATO - ECUADOR : s.n., 2016.

**HAYDER , ALI. 2016.** *INVESTIGATION OF CEMENT WITH LIME AS A STABILIZED MATERIALS FOR SOFT SOILS.* IRAK : s.n., 2016.

**HERNANDEZ, SAMPIERI, FERNANDEZ, COLLADO y BAPTISTA, LUCIO. 2014.** *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION .* MEXICO : s.n., 2014.

*INFLENCIA DEL ADITIVO CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO CRUCE EL PORONGO - AEROPUERTO - CAJAMARCA.* **POZO, DAVIS. 2019.** CAJAMARCA : s.n., 2019.

**KOTHARI , C. 2004.** *RESEARCH MOTHEODOLOGY: METHODS & TECHNIQUES.* NEW DELHI : s.n., 2004.

**LARA, JUAN. 1988.** *ENSAYOS DE ALBAÑILERIA EN SILLAR .* LIMA - PERU : s.n., 1988.

**LOPEZ , JOSE y ORTIZ, GRELY. 2018.** *ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRANSATE EN*

*LAS CALLES DE LA URBANIZACION Subrasantes SAN LUIS DE LA CIUDAD DE ABANCAY.* ABANCAY : s.n., 2018.

**LOPEZ, Teresa, y otros. 2010.** *Polímeros para la Estabilizacion Volumetrica de Arcillas Expansivas.* Mexico : s.n., 2010.

**LUOIS, COHEN, LAWRENCE, MANION y KEITH, MORRISON. 2007.** *RESEARCH METHODS IN EDUCATION.* LONDON AND NEW YORK : s.n., 2007.

**MOHAMMED, ZAID. 2015.** *SOIL STABILIZATION WITH RICE HUSK ASH AND CEMENT.* KUALA LUMPUR : s.n., 2015.

**MOLAE , ALEXANDRA y RIVERA, EBDY. 2019.** *ESTABILIZACION QUIMICA DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA SU USO COMOSUBRAANTE EN VIAS TERRESTRES DE LA LOCALIDAD DE VILLA RICA.* LIMA : s.n., 2019.

**MONTEJO, ROMAL, RAYMUNDK, JOSE y CHAVEZ, JHONATAN. 2020.** *MATERIALES ALTERNATIVOS PARA ESTABILIZAR SUELO: EL USO DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN VIAS DE BAJO TRANSITO DE PIURA.* PIURA - PERU : s.n., 2020.

**MURILLO, W. 2008.** *LA INVESTIGACION CIENTIFICA.* 2008.

**PALLELLA, SANTA y MARTINS, FELIBERTO. 2012.** *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION CUANTATIVA.* . 2012.

**PALLI, EDWIN. 2015.** *GUIA BASICA PARA ESTABILIZACION DE SUELO CON CAL EN CAMINOS DE BAJA INTENSIDAD VEHICULAR EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN.* . PUNO - PERU : s.n., 2015.

**PARRA, MANUEL. 2018.** *ESTABILIZACION DE SUELO CON CAL Y CENIZA VOLANTE.* . BOGOTÁ - COLOMBIA : s.n., 2018.

**RANUT, KUMAR. 2011.** *RESEARCH METHODOLOGY .* NEW DELHI : s.n., 2011.

**RIVERA, MARCO. 2019.** *EL SILLAR: VESTIGO DE GRANDES ERUPCIONES VOLCANICAS.* . LIMA : INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU. , 2019.

**RODRIGUEZ, WALABONSO. 2011.** *GUIA DE INVESTIGACION CIENTIFICA.* LIMA : s.n., 2011.

**STEPHEN , I y BRETTEA , K. 2010.** *JOURNAL OF EDUCATIONAL POLICY AND ENTREPRENEURIAL RESEARCH.* 2010.

**STUART, NICOLA. 2015.** *HEADLAND REASEARCH METODOS HANDBOOK MNACHESTER.* . 2015.

**SUAREZ, JAIME .** *DESLIZAMIENTO: ANALISIS GEOTECNICO.* .

**SUE, GREENER. 2008.** *BUSINESS RESEARCH METHODS.* 2008.

**ULATE, ALFONSO. 2017.** *ESTABILIZACION DE SUELOS Y MATERIALES GRANULARES EN CAMINOS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO.* COSTA RICA : s.n., 2017.

**UMA, SEKARAN. 2003.** *RESEARCH METHODS FOR BUSINEESA SKILL BULDING APPROACH.* . ESTADOS UNIDOS : s.n., 2003.

**WALLIMAN , N. 2011.** *RESEARCH METHODS THE BASICS.* . CANADA. : s.n., 2011.

**YEPES, VICTOR. 2004.** *LA ESTABILIZACION DE SUELOS.* VALENCIA - ESPAÑA : s.n., 2004.

**YOGESH, KUMAR. 2006.** *FUNDAMENTAL OF RESEARCH METHODOLOGY AND STATISTICS.* . NEW DELHI : s.n., 2006.

**YONGZHEN, CHENG y XIAOMING, HUANG. 2018.** *EFFECT OF MINERAL ADDITIVES ON THE BEHAVIOR OF AN EXPANSIVE SOIL FOR USE IN HIGHWAY SUBGRADE SOILS.* . CHINA : s.n., 2018.

**ZECENARRO, WALTER. 2013.** *MANUAL DE CARRETERAS: SUELOS, GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS.* . LIMA - PERU : s.n., 2013.

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Matriz de Operacionalización de Variables.

Incorporación de Sillar Blanco para la Estabilización de Suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabayllo - 2021					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE					
<b>SILLAR BLANCO</b>	"Es un tipo de roca ígnea, el cual está compuesto por cenizas y otro tipo de material que son procedentes de las erupciones volcánicas, como del volcán "Chachani" y junto al volcán "Misti" y "Pichupichu" los cuales bordean la ciudad de Arequipa." (Cueva Neyra,2017, pag.31)	Este material se incorporará en diferentes dosificaciones con el fin de conocer de qué manera influye en la estabilización de suelo.	Dosificación	2% 4% 6%	<b>De Razón</b>
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	"Se le denomina al proceso mediante el cual se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento de tal modo que se pueda aprovechar sus mejores cualidades, obteniendo un firme estable, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones de clima más severas" (Crespo Villalaz, pág. 40)	En este proyecto se realizará la extracción de 03 calicatas de la zona de estudios, al que tenga más baja capacidad portante se adicionará el Sillar para incrementar las propiedades geotecnicas del suelo.	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	
<b>ESTABILIZACION DE SUELO</b>			Máxima Densidad Seca	Ensayo de Proctor Modificado	
			Optimo Contenido de Humedad		
			Porcentaje de Expansión	Ensayo de CBR	
			Resistencia	Ensayo de CBR	

Fuente: Elaboración propia.

Matriz de Consistencia.

Incorporación de Sillar Blanco Para la Estabilización de Suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabaylo - 2021						
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVO PRINCIPAL	HIPÓTESIS PRINCIPAL	VARIABLE INDEPENDIENTE			
¿Con la incorporación de Sillar Blanco se estabilizará el suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabaylo - 2021?	Estabilizar el suelo con la incorporación de Sillar Blanco en la Av. Universitaria, Distrito de Carabaylo - 2021	La incorporación de Sillar Blanco mejorará significativamente la estabilización de suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabaylo - 2021	<b>SILLAR BLANCO</b>	Dosificación	2% 4% 6%	Método de investigación: <b>Método Científico</b>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	Enfoque de Investigación: <b>Cuantitativo</b>  Tipo de Investigación: <b>Aplicada</b>  Nivel de Investigación: <b>Descriptivo - Explicativo</b>  Diseño de Investigación: <b>Experimental - Cuasiexperimental</b>
¿De qué manera influirá la incorporación de Sillar Blanco en la Máxima Densidad Seca y Óptimo Contenido de Humedad del Suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabaylo - 2021?	Determinar la influencia de la incorporación del Sillar blanco en la Máxima Densidad Seca y el Óptimo Contenido de Humedad del Suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabaylo - 2021	La incorporación de Sillar Blanco influirá positivamente en la Máxima Densidad Seca y el Óptimo Contenido de Humedad del suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabaylo - 2021	<b>ESTABILIZACION DE SUELO</b>	Máxima Densidad Seca  Óptimo Contenido de Humedad	Ensayo de Proctor Modificado	
¿De qué manera influirá la incorporación de Sillar Blanco en el Porcentaje de Expansión del Suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabaylo - 2021?	Determinar la influencia de la incorporación del Sillar blanco en el Porcentaje de Expansión del Suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabaylo - 2021	La incorporación de Sillar Blanco influirá positivamente en el Porcentaje de Expansión del suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabaylo - 2021		Porcentaje de Expansión	Ensayo de CBR	
¿De qué manera influirá la incorporación de Sillar Blanco en la Resistencia del Suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabaylo - 2021?	Determinar la influencia de la incorporación del Sillar blanco en la Resistencia del Suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabaylo - 2021	La incorporación de Sillar Blanco influirá positivamente en la Resistencia del suelo en la Av. Universitaria, Distrito de Carabaylo - 2021		Resistencia	Ensayo de CBR	

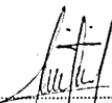
Fuente: Elaboración propia.



## II.) Formato de Limites de Consistencia

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318 / MTC E - 110 - 111)						
<b>TESISTA:</b> GARCIA ONORBE ERIKA DEL PILAR						
<b>TESIS :</b> "INCORPORACION DE SILLAR BLANCO PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO EN LA AV. UNIVERSITARIA, CARBAYLLO - 221						
<b>UBICACIÓN:</b>						
<b>CALICATA:</b>						
<b>MUESTRA:</b>						
<b>PROFUNDIDAD:</b>						
<b>FECHA:</b>						
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>						
N° DE TARA						
PESO DE SUELO HUMEDO + TARA (gr):						
PESO DE SUELO SECO + TARA (gr):						
PESO DE TARA (gr):						
PESO DE SUELO SECO (gr):						
PESO DE AGUA (gr):						
CONTENIDO DE HUMEDAD (%):						
N°DE GOLPES:						
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>						
N° DE TARA						
PESO DE SUELO HUMEDO + TARA (gr):						
PESO DE SUELO SECO + TARA (gr):						
PESO DE TARA (gr):						
PESO DE SUELO SECO (gr):						
PESO DE AGUA (gr):						
CONTENIDO DE HUMEDAD (%):						
N°DE GOLPES:						
<b>LÍMITE PLÁSTICO (%)</b>						
FUENTE: ELABORACION PROPIA						

  
 CONSORCIO ANXI  
 ING. DIONICIO INONAN VALDIVIESO  
 REG. CIP 31810  
 RESIDENTE DE OBRA

  
 RESIDENTE DE OBRA  
 Irg. Tony Tuesta Chistama  
 CIP N° 70143

  
 CARLOS HUMBERTO  
 MENDOZA PICOAGA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg: CIP N° 11713

  
 ING. FRANCISCO J. PALOMINO VASQUEZ  
 REG. CIP. 63404  
 RESIDENTE DE OBRA

### III.) Formato de Proctor Modificado

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D1557 / MTC E - 115)			
<b>TESISTA:</b> GARCIA ONORBE ERIKA DEL PILAR			
<b>TESIS :</b> "INCORPORACION DE SILLAR BLANCO PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO EN LA AV. UNIVERSITARIA, CARBAYLLO - 221			
<b>UBICACIÓN:</b>			
<b>CALICATA:</b>			
<b>MUESTRA:</b>			
<b>PROFUNDIDAD:</b>			
<b>FECHA:</b>			
<b>DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			
MUESTRA N°	1°	2°	3°
PESO DEL MOLDE (gr)			
PESO DEL MOLDE + MUESTRA HUMEDA			
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SECA			
PESO DEL AGUA (gr)			
PESO DEL MATERIAL SECO (gr)			
CONTENIDO DE HUMEDAD (gr)			
% PROMEDIO			
<b>DETERMINACION DE LA DENSIDAD</b>			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			
PESO DEL SUELO + MOLDE (gr)			
PESO DEL MOLDE (gr)			
PESO DEL SUELO (gr)			
DENSIDAD HUMEDAD (gr/cm3)			
DENSIDAD SECA (gr/cm3)			
		DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	
		HUMEDAD OPTIMA (%)	
FUENTE: ELABORACION PROPIA			

  
 CONSORCIO AHXI  
 ING. DIONICIO INONAN VALDIVIESO  
 REG. CIP 31810  
 RESIDENTE DE OBRA

  
 RESIDENTE DE OBRA  
 Ing. Tony Tuesta Chistama  
 CIP N° 70143

  
 CARLOS HUMBERTO  
 MENDOZA PICOAGA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg: RIP N° R1713

  
 ING. FRANCISCO J. PALOMINO VASQUEZ  
 REG. CIP 63404  
 RESIDENTE DE OBRA

#### IV.) Formato de CBR – Expansión

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (ASTM D1883 / MTC E - 132)											
TESISTA: GARCIA ONORBE ERIKA DEL PILAR											
TESIS : "INCORPORACION DE SILLAR BLANCO PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO EN LA AV. UNIVERSITARIA, CARBAYLLO - 221											
UBICACIÓN:											
CALICATA:											
MUESTRA:											
PROFUNDIDAD:											
FECHA:											
CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA											
MOLDE N°											
N° DE CAPAS											
N° DE GOLPES POR CAPA											
CONDICION DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO			
PESO DEL SUELO + MOLDE (gr)											
PESO MOLDE (gr)											
PESO DEL SUELO COMPACTADO (gr)											
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)											
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3)											
HUMEDAD (%)											
DENSIDAD SECA (gr/cm3)											
CONTENIDO DE HUMEDAD											
TARA + SUELO HÚMEDO (gr)											
TARA + SUELO SECO (gr)											
PESO DE AGUA (gr)											
PESO DE TARA (gr)											
PESO DE SUELO SECO (gr)											
HUMEDAD (%)											
EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%

FUENTE: ELABORACION PROPIA

CONSORCIO AHXI  
  
 ING. DIONICIO INONAN VALDIVIESO  
 REG. CIP 31810  
 RESIDENTE DE OBRA

  
 RESIDENTE DE OBRA  
 Ing. Tony Tuesta Chistama  
 CIP N° 70143

  
 CARLOS HUMBERTO  
 MENDOZA PICOAGA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg: CIP N° 81713

  
 ING. FRANCISCO J. PALOMINO VASQUEZ  
 REG. CIP. 63404  
 RESIDENTE DE OBRA

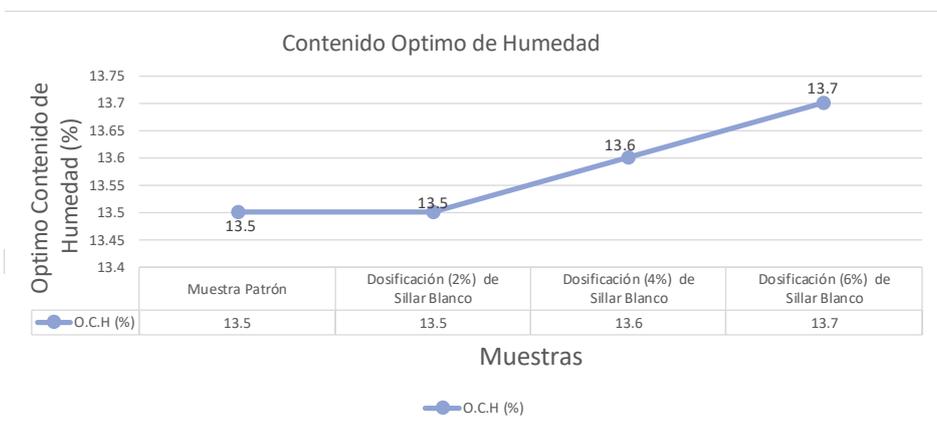


## Anexo 4. Hoja de Cálculos

A) Hoja de cálculo del ensayo de Proctor Modificado (Muestra patrón + % Sillar Blanco).

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (DENSIDAD MAXIMA SECA Y CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD) ASTM D1557 / MTC- 115	
Tesista :	García Onorbe Erika del Pilar
Tesis :	Incorporación de sillar blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria - Carabayllo - 2021
Ubicación :	Lima - Perú
Calicata :	C-01
Muestra(s) :	4 - (Muestra A (Patrón), Muestra B, Muestra C, Muestra D).
Aditivo/ Material :	Sillar Blanco
Dosificaciones :	2%, 4% y 6%

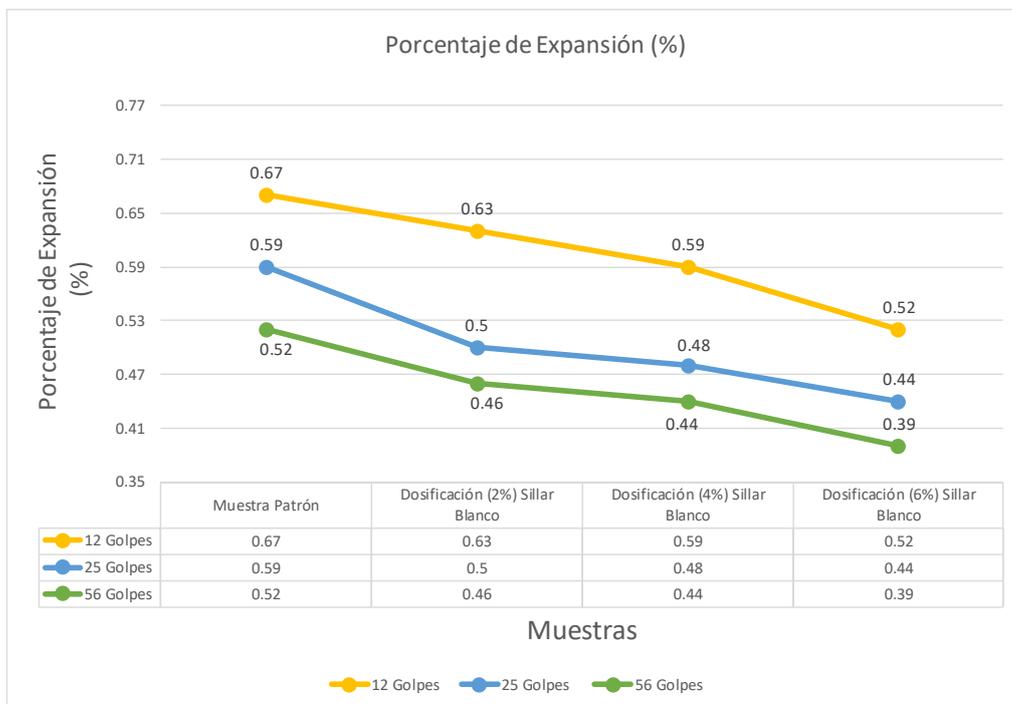
MUESTRA		Densidad Maxima Seca (gr/cm3)	Contenido Optimo de Humedad (%)
		M.D.S (gr/cm3)	O.C.H (%)
Muestra Patrón	Muestra A	1.928	13.5
Dosificación (2%) de Sillar Blanco	Muestra B	1.931	13.5
Dosificación (4%) de Sillar Blanco	Muestra C	1.949	13.6
Dosificación (6%) de Sillar Blanco	Muestra D	1.997	13.7



B) Hoja de cálculo del ensayo CBR - Expansión (Muestra patrón + % Sillar Blanco).

ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR - PORCENTAJE DE EXPANSION) ASTM D1883 / MTC- 132	
Tesista :	García Onorbe Erika del Pilar
Tesis :	Incorporación de sillar blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria - Carabaylo - 2021
Ubicación :	Lima-Perú
Calicata :	C-01
Muestra(s) :	4 - (Muestra A (Patrón), Muestra B, Muestra C, Muestra D).
Aditivo/ Material :	Sillar Blanco
Dosificaciones :	2%, 4% y 6%

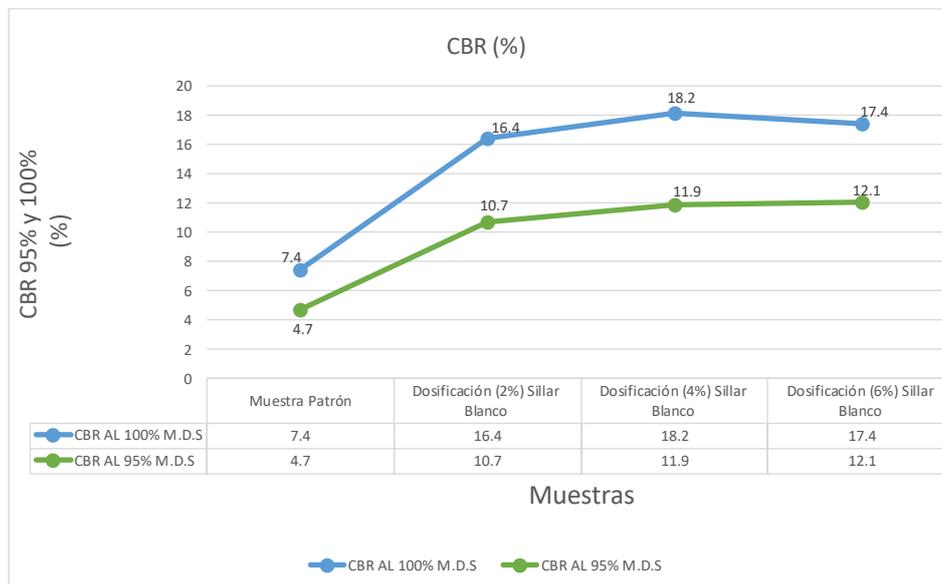
MUESTRA		PORCENTAJE DE EXPANSION (%)								
		56 Golpes			25 Golpes			12 Golpes		
Muestra Patrón	Muestra A	mm.	56 Golpes	%	mm.	25 Golpes	%	mm.	12 Golpes	%
		0.61	0.52	%	0.69	0.59	%	0.76	0.67	%
Dosificación (2%) Sillar Blanco	Muestra B	0.53	0.46	%	0.58	0.5	%	0.74	0.63	%
Dosificación (4%) Sillar Blanco	Muestra C	0.51	0.44	%	0.56	0.48	%	0.69	0.59	%
Dosificación (6%) Sillar Blanco	Muestra D	0.46	0.39	%	0.51	0.44	%	0.61	0.52	%



C) Hoja de cálculo del ensayo CBR (Muestra patrón + % Sillar Blanco).

ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE ( C.B.R- RESISTENCIA) AST D1883 / MTC-132	
Autor :	García Onorbe Erika del Pilar
Tesis :	Incorporación de sillar blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria Carabaylo - 2021.
Ubicación :	Lima-Perú
Calicata :	C-01
Muestra(s) :	4 - (Muestra A (Patrón), Muestra B, Muestra C, Muestra D).
Aditivo/ Material :	Sillar Blanco
Dosificaciones :	2% , 4% y 6%

MUESTRA		CBR			
		CBR AL 95% M.D.S		CBR AL 100% M.D.S	
Muestra Patrón	Muestra A	4.7	%	7.4	%
Dosificación (2%) Sillar Blanco	Muestra B	10.7	%	16.4	%
Dosificación (4%) Sillar Blanco	Muestra C	11.9	%	18.2	%
Dosificación (6%) Sillar Blanco	Muestra D	12.1	%	17.4	%



## Anexo 5. Panel Fotográfico



Fotografía 1. Ingreso a la cantera.



Fotografía 2. Trozo Grande de Sillar blanco.



Fotografía 3. Triturado de Sillar blanco.



Fotografía 4. Recolección - trozos pequeños.



Fotografía 5. Embolsado del Sillar Blanco.



Fotografía 6. Traslado de sillar a la E.T.



Fotografía 7. Transporte del Sillar a Lima.



Fotografía 8. Llegada al laboratorio (Lima).



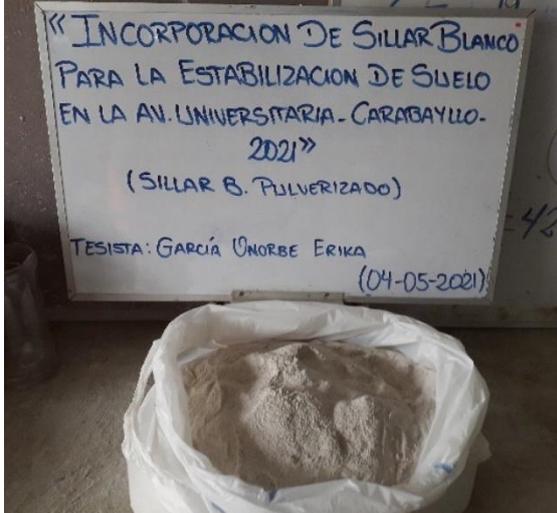
Fotografía 9. Pulverización de Sillar Blanco.



Fotografía 10. Colado de Sillar Blanco.



Fotografía 11. Textura de Sillar en Polvo.



Fotografía 12. Sillar blanco pulverizado.

« INCORPORACION DE SILLAR BLANCO  
PARA LA ESTABILIZACION DE SUELO  
EN LA AV. UNIVERSITARIA - CARABAYLLO -  
2021 »  
(SILLAR B. PULVERIZADO)  
TESISTA: GARCÍA UNORBE ERIKA  
(04-05-2021)

## EXCAVACION DE LAS CALICATAS



Fotografía 13. Excavación de la Calicata 1.



Fotografía 14. Calicata 1 – Prof. 1.50m



Fotografía 15. Calicata 1 finalizada.



Fotografía 16. Suelo extraído Calicata 1.



Fotografía 17. Excavación de la Calicata 2.



Fotografía 18. Calicata 2 – Prof. 1.50m



Fotografía 19. Calicata 2 finalizada.



Fotografía 20. Suelo extraído Calicata 2.



Fotografía 21. Excavación de la Calicata 3.



Fotografía 22. Calicata 3 – Prof. 1.50m



Fotografía 23. Calicata 3 finalizada.



Fotografía 24. Suelo extraído Calicata 3.

ENSAYOS DE LIMITES DE CONSISTENCIA C1 / C2 /C3



Fotografía 25. Triturado del suelo C1/C2/C3.



Fotografía 26. Suelo pasado por Tamiz.



Fotografía 27. Tamizado de la Calicata 1.



Fotografía 28. Pesado de la Calicata 1.



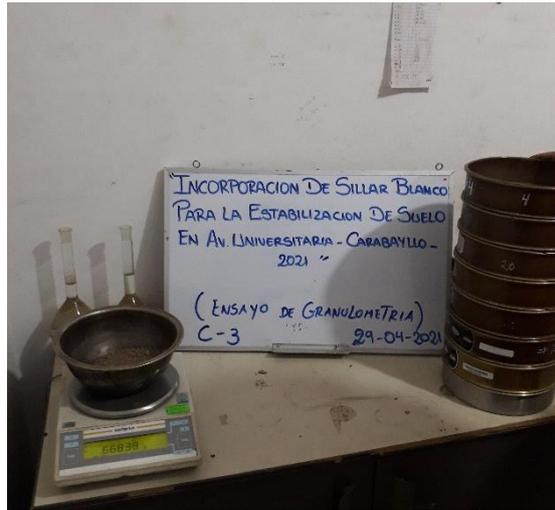
Fotografía 29. Tamizado de la Calicata 2.



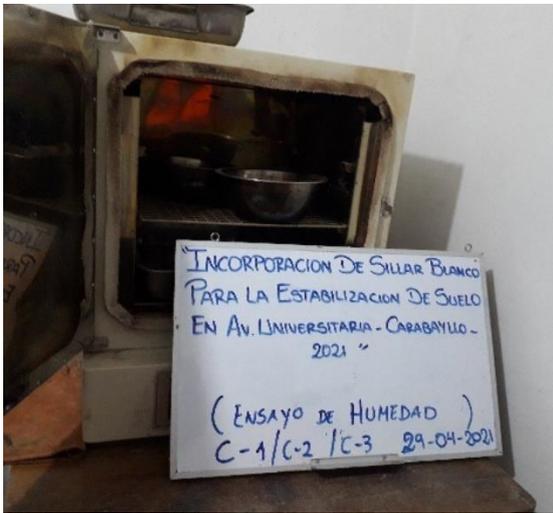
Fotografía 30. Pesado de la Calicata 2.



Fotografía 31. Tamizado de la Calicata 3.



Fotografía 32. Pesado de la Calicata 3.



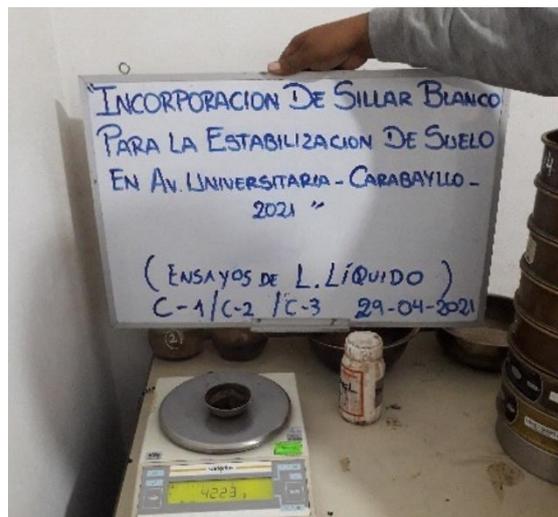
Fotografía 33. Secado de muestra.



Fotografía 34. Copa de Casagrande.



Fotografía 35. Razado de la Copa.



Fotografía 36. Pesado de muestra.



Fotografía 37. Amazar suelo.



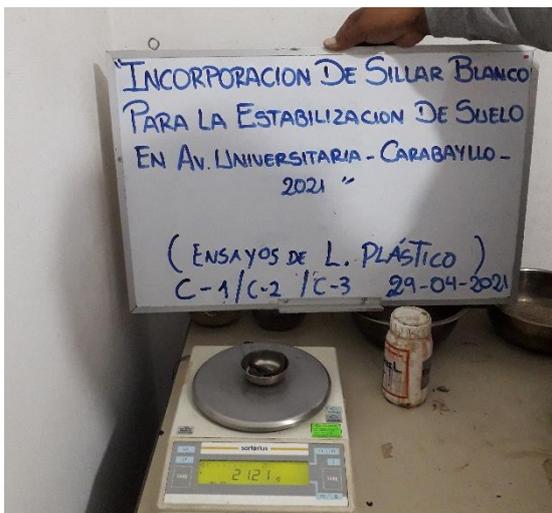
Fotografía 38. Formación de rollitos I.



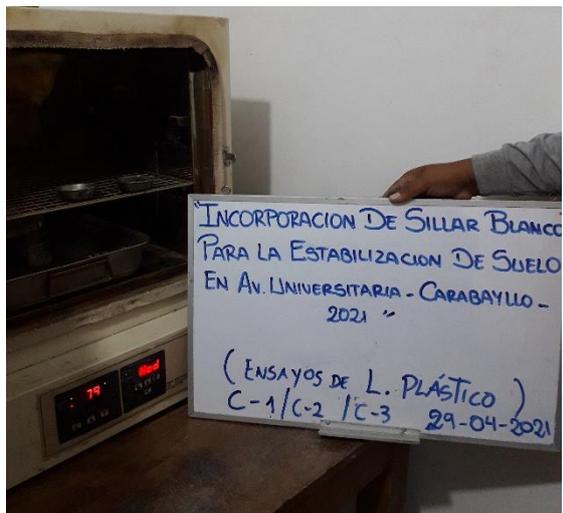
Fotografía 39. Formación de rollitos II.



Fotografía 40. Rollitos finalizados.



Fotografía 41. Pesado de muestras.



Fotografía 42. Secado de muestras.

## ENSAYO PROCTOR - C1



Fotografía 43. Muestra de suelo Calicata 1.



Fotografía 44. Pesado de muestra suelo.



Fotografía 45. Pesado de recipiente + agua.



Fotografía 46. Incorporación de agua al suelo.



Fotografía 47. Mezcla de suelo + agua.



Fotografía 48. Llenado la muestra al molde.



Fotografía 49. Compactación del suelo.



Fotografía 50. Desarmado del molde.



Fotografía 51. Razado del molde.



Fotografía 52. Pesado del molde.



Fotografía 53. Extracción muestra del molde.



Fotografía 54. Muestra lista para el secado.

## ENSAYO PROCTOR - C2



Fotografía 55. Muestra de suelo Calicata 2.



Fotografía 56. Pesado de muestra suelo.



Fotografía 57. Pesado de recipiente + agua.



Fotografía 58. Incorporación de agua al suelo.



Fotografía 59. Mezcla de suelo + agua.



Fotografía 60. Llenado la muestra al molde.



Fotografía 61. Compactación del suelo.



Fotografía 62. Desarmado del molde.



Fotografía 63. Razado del molde.



Fotografía 64. Pesado del molde.



Fotografía 65. Extracción muestra del molde.



Fotografía 66. Muestra lista para el secado.

## ENSAYO PROCTOR - C3



Fotografía 67. Muestra de suelo Calicata 3.



Fotografía 68. Pesado de muestra suelo.



Fotografía 69. Pesado de recipiente + agua.



Fotografía 70. Incorporación de agua al suelo.



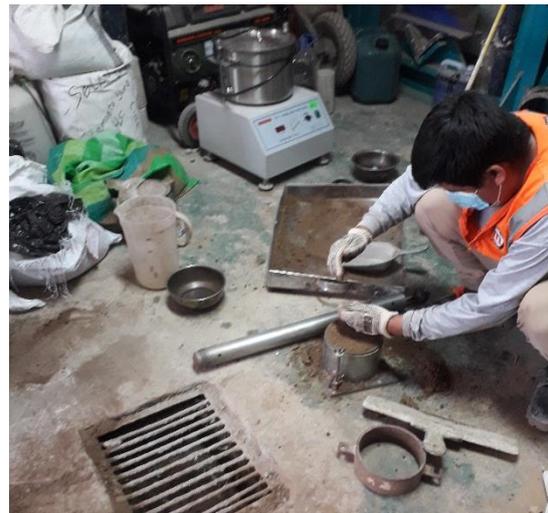
Fotografía 71. Mezcla de suelo + agua.



Fotografía 72. Llenado la muestra al molde.



Fotografía 73. Compactación del suelo.



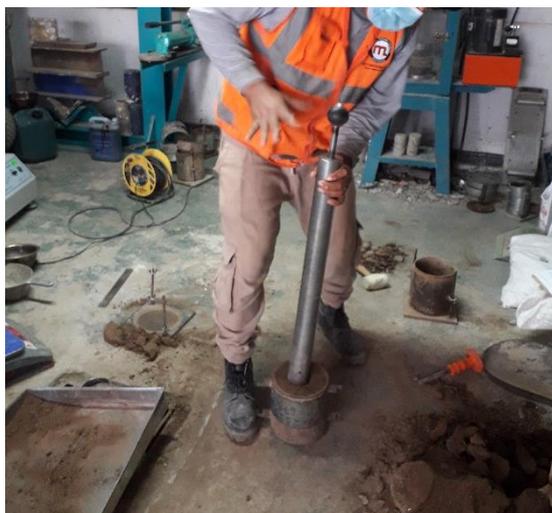
Fotografía 74. Desarmado del molde.



Fotografía 75. Razado del molde.



Fotografía 76. Pesado del molde.



Fotografía 77. Extracción muestra del molde



Fotografía 78. Muestra lista para el secado.

ENSAYO C.B.R - C1



Fotografía 79. Muestra de suelo Calicata 1.



Fotografía 80. Incorporación de agua al suelo.



Fotografía 81. Mezcla de suelo + agua.



Fotografía 82. Llenado la muestra al molde.



Fotografía 83. Compactación del suelo.



Fotografía 84. Desarmado del molde.



Fotografía 85. Razado del molde.



Fotografía 86. Inversión del molde I.



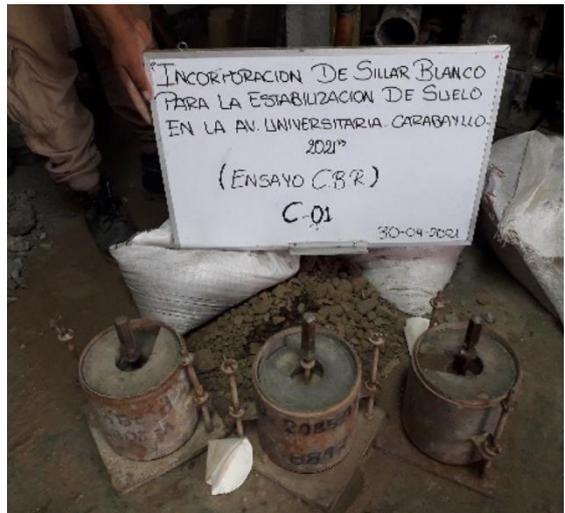
Fotografía 87. Inversión del molde II.



Fotografía 88. Pesado del molde.



Fotografía 89. Molde C.B.R finalizado.



Fotografía 90. Moldes C.B.R terminados.

ENSAYO C.B.R - C2



Fotografía 91. Muestra de suelo Calicata 2.



Fotografía 92. Incorporación de agua al suelo.



Fotografía 93. Mezcla de suelo + agua.



Fotografía 94. Llenado la muestra al molde.



Fotografía 95. Compactación del suelo.



Fotografía 96. Desarmado del molde.



Fotografía 97. Razado del molde.



Fotografía 98. Inversión del molde I.



Fotografía 99. Inversión del molde II.



Fotografía 100. Pesado del molde.



Fotografía 101. Molde C.B.R finalizado.



Fotografía 102. Moldes C.B.R terminados.

ENSAYO C.B.R - C3



Fotografía 103. Muestra de suelo Calicata 3.



Fotografía 104. Incorporación - agua al suelo.



Fotografía 105. Mezcla de suelo + agua.



Fotografía 106. Llenado la muestra al molde.



Fotografía 107. Compactación del suelo.



Fotografía 108. Razado del molde.



Fotografía 109. Inversión del molde.



Fotografía 110. Pesado del molde.



Fotografía 111. Molde C.B.R finalizado.



Fotografía 112. Moldes llevados al tanque.

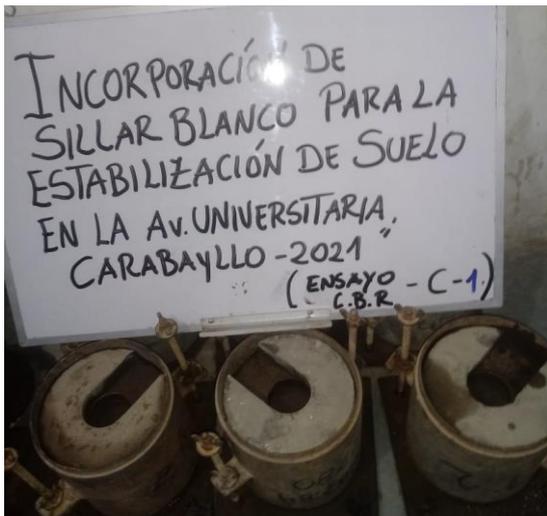


Fotografía 113. Moldes C.B.R sumergidos.



Fotografía 114. Lectura de Expansión.

ENSAYO DE MOLDES C.B.R C1 / C2 / C3



Fotografía 115. Moldes C1 extraídos de agua.



Fotografía 116. Moldes C2 extraídos de agua.



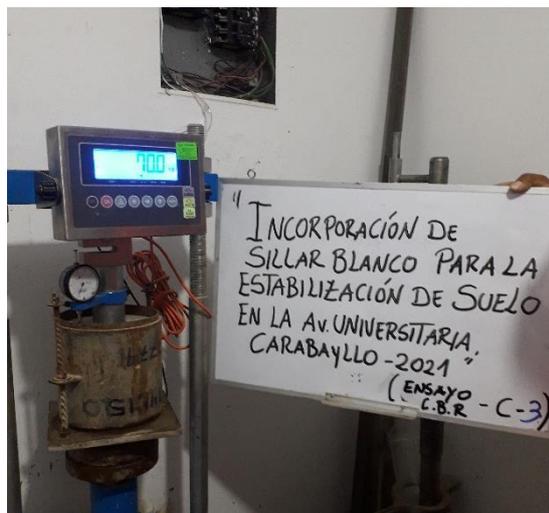
Fotografía 117. Moldes C3 extraídos de agua.



Fotografía 118. Ensayo C.B.R / C1.



Fotografía 119. Ensayo C.B.R / C2.



Fotografía 120. Ensayo C.B.R / C3.

PORCTOR - C1 + DOSIFICACION 2% DE SILLAR BLANCO



Fotografía 121. Pesado del suelo C1.



Fotografía 122. Pesado de Sillar pulverizado.



Fotografía 123. Mezcla del suelo + sillar p.



Fotografía 124. Pesado de tara + agua.



Fotografía 125. Incorporación de agua.



Fotografía 126. Mezcla de agua+suelo+sillar.



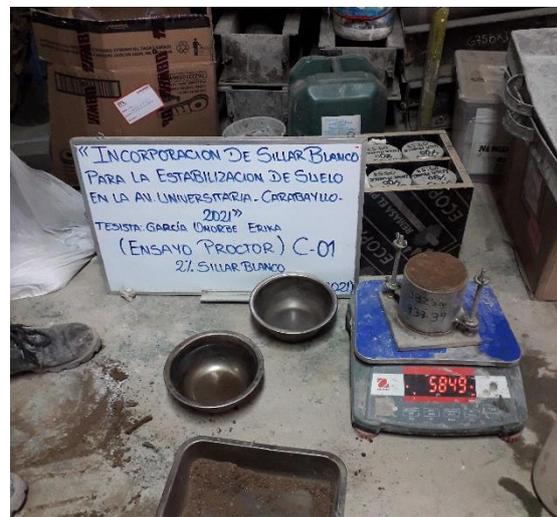
Fotografía 127. Llenado de muestra al molde.



Fotografía 128. Compactación del suelo.



Fotografía 129. Razado del molde.



Fotografía 130. Pesado del molde.

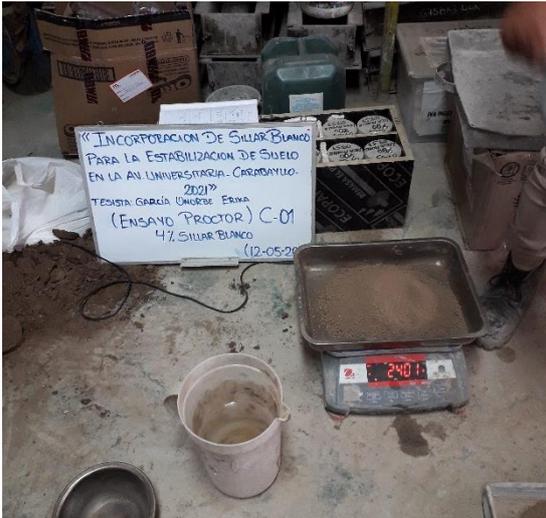


Fotografía 131. Extracción muestra del molde



Fotografía 132. Muestra lista para el secado.

PORCTOR - C1 + DOSIFICACION 4% DE SILLAR BLANCO



Fotografía 133. Pesado del suelo C1.



Fotografía 134. Pesado de Sillar pulverizado.



Fotografía 135. Mezcla del suelo + sillar p.



Fotografía 136. Pesado de tara + agua.



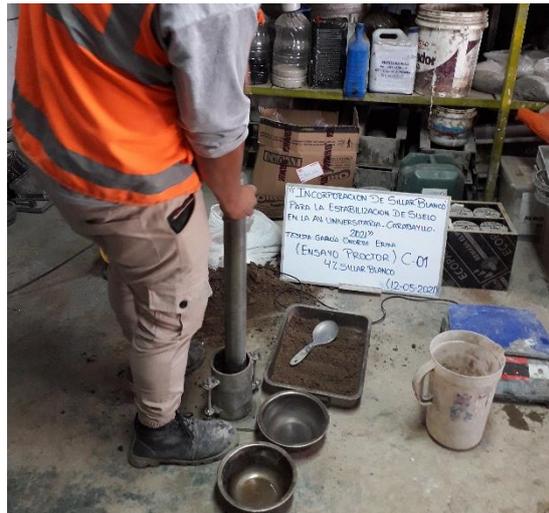
Fotografía 137. Incorporación de agua.



Fotografía 138. Mezcla de agua+suelo+sillar.



Fotografía 139. Llenado de muestra al molde.



Fotografía 140. Compactación del suelo.



Fotografía 141. Razado del molde.



Fotografía 142. Pesado del molde.



Fotografía 143. Extracción muestra del molde



Fotografía 144. Muestra lista para el secado.

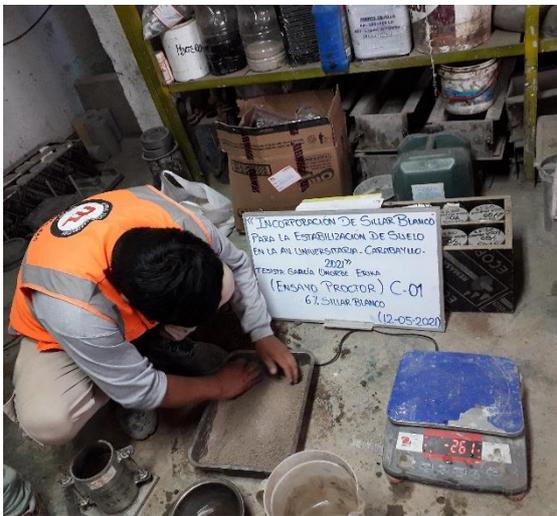
PORCTOR - C1 + DOSIFICACION 6% DE SILLAR BLANCO



Fotografía 145. Pesado del suelo C1.



Fotografía 146. Pesado de Sillar pulverizado.



Fotografía 147. Mezcla del suelo + sillar p.



Fotografía 148. Pesado de tara + agua.



Fotografía 149. Incorporación de agua.



Fotografía 150. Mezcla de agua+suelo+sillar.



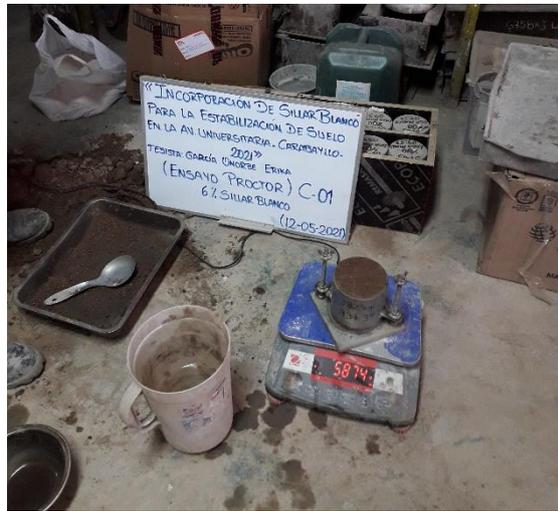
Fotografía 151. Llenado de muestra al molde



Fotografía 152. Compactación del suelo.



Fotografía 153. Razado del molde.



Fotografía 154. Pesado del molde.



Fotografía 155. Extracción muestra del molde



Fotografía 156. Muestra lista para el secado.

C.B.R - C1 + DOSIFICACION 2% DE SILLAR BLANCO



Fotografía 157. Pesado del suelo C1.



Fotografía 158. Pesado de Sillar pulverizado.



Fotografía 159. Mezcla del suelo + sillar p.



Fotografía 160. Pesado de tara + agua.



Fotografía 161. Incorporación de agua.



Fotografía 162. Mezcla de agua+suelo+sillar.



Fotografía 163. Llenado de muestra al molde



Fotografía 164. Compactación del suelo.



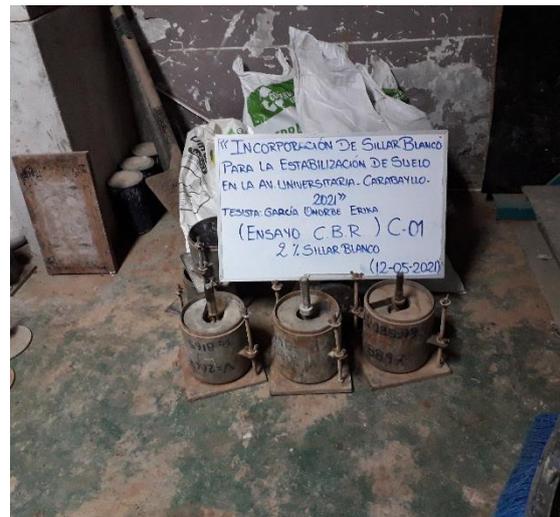
Fotografía 165. Razado del molde.



Fotografía 166. Inversión del molde.



Fotografía 167. Pesado del molde.



Fotografía 168. Molde C.B.R finalizado.

C.B.R - C1 + DOSIFICACION 4% DE SILLAR BLANCO



Fotografía 169. Pesado del suelo C1.



Fotografía 170. Pesado de Sillar pulverizado.



Fotografía 171. Mezcla del suelo + sillar p.



Fotografía 172. Pesado de tara + agua.



Fotografía 173. Incorporación de agua.



Fotografía 174. Mezcla de agua+suelo+sillar.



Fotografía 175. Llenado de muestra al molde



Fotografía 176. Compactación del suelo.



Fotografía 177. Razado del molde.



Fotografía 178. Inversión del molde.



Fotografía 179. Pesado del molde.



Fotografía 180. Molde C.B.R finalizado.

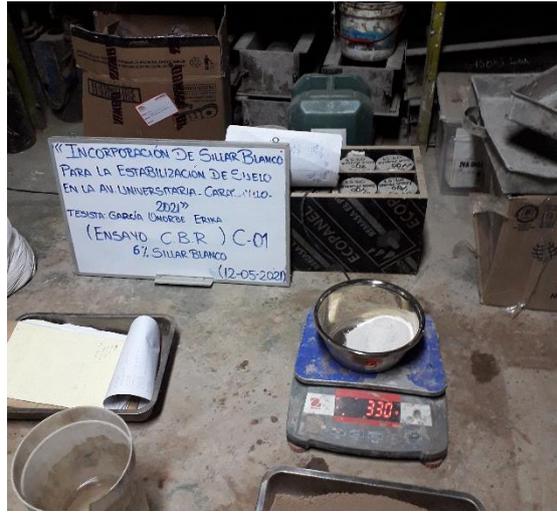
« INCORPORACIÓN DE SILLAR BLANCO  
PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO  
EN LA AV. UNIVERSITARIA - CARABAYLLO -  
2021 »  
TESISTA: GARCÍA UÑORBE ERIKA  
( ENSAYO C.B.R ) C-01  
4% SILLAR BLANCO  
( 12-05-2021 )

« INCORPORACIÓN DE SILLAR BLANCO  
PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO  
EN LA AV. UNIVERSITARIA - CARABAYLLO -  
2021 »  
TESISTA: GARCÍA UÑORBE ERIKA  
( ENSAYO C.B.R ) C-01  
4% SILLAR BLANCO  
( 12-05-2021 )

C.B.R - C1 + DOSIFICACION 6% DE SILLAR BLANCO



Fotografía 181. Pesado del suelo C1.



Fotografía 182. Pesado de Sillar pulverizado.



Fotografía 183. Mezcla del suelo + sillar p.



Fotografía 184. Pesado de tara + agua.



Fotografía 185. Incorporación de agua.



Fotografía 186. Mezcla de agua+suelo+sillar.



Fotografía 187. Llenado de muestra al molde



Fotografía 188. Compactación del suelo.



Fotografía 189. Razado del molde.



Fotografía 190. Inversión del molde.



Fotografía 191. Pesado del molde.



Fotografía 192. Molde C.B.R finalizado.

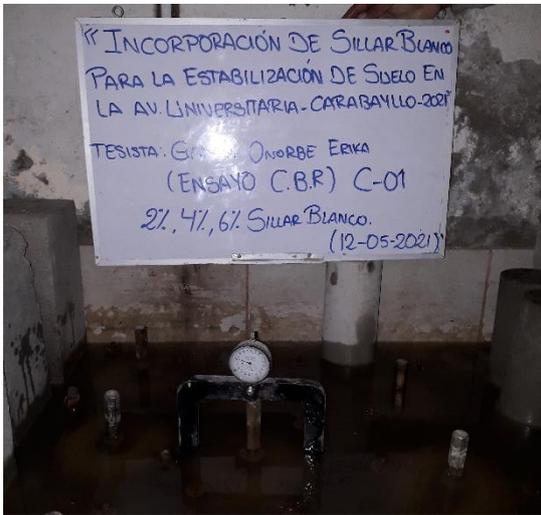
LECTURA DE EXPANSION + ENSAYOS DE MOLDES C.B.R (DOSIFICACIONES 2,4 y 6 %)



Fotografía 193. Moldes de C.B.R + Dosifi.



Fotografía 194. Sumergida de moldes C.B.R.



Fotografía 195. Lectura de expansión.



Fotografía 196. Moldes extraídos del tanque.



Fotografía 197. Prensa para C.B.R.



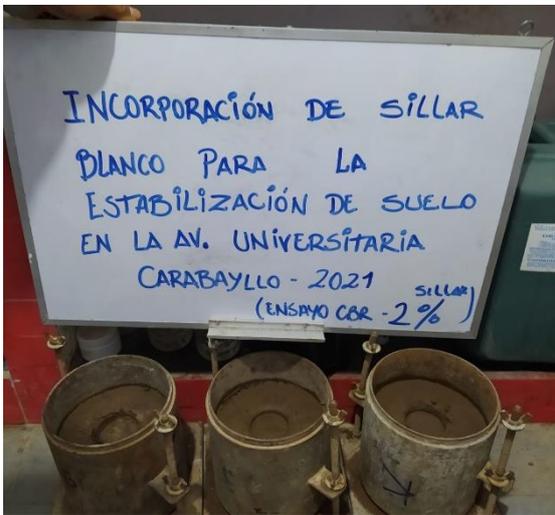
Fotografía 198. Ensayo C.B.R / 2% Sillar.



Fotografía 199. Ensayo C.B.R / 4% Sillar.



Fotografía 200. Ensayo C.B.R / 6% Sillar.



Fotografía 201. Moldes ensayados / 2% Sillar.



Fotografía 202. Moldes ensayados / 4% Sillar.



Fotografía 203. Moldes ensayados / 6% Sillar.



Fotografía 204. Todos los moldes ensayados.

## Anexo 6. Certificados – Ensayos de laboratorio

### 1.1). Certificado del ensayo de Clasificación de Suelos de la Calicata I.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

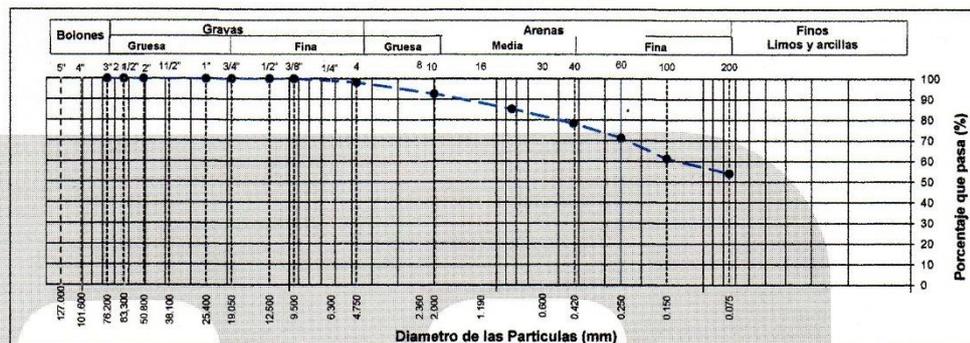
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS**  
 ASTM D6913 / MTC E - 204

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de Laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Erika del Pilar García Onorbe
<b>PROYECTO</b>	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria - Carabayillo - 2021"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima
<b>CALICATA</b>	: C-01
<b>MUESTRA</b>	: M-01
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.50 m

Fecha de ensayo: 27/04/2021

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
5"	127.000	100.0	/	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)</b>		
4"	101.600	100.0		Contenido Humedad (%)	5.3	
3"	76.200	100.0		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)</b>		
2 1/2"	63.300	100.0		Límite Líquido (LL)	28.0	
2"	50.800	100.0		Límite Plástico (LP)	22.0	
1 1/2"	38.100	100.0		Índice Plástico (IP)	6.0	
1"	25.400	100.0		Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
3/4"	19.000	100.0		1.8	44.0	54.1
1/2"	12.500	100.0		<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>		
3/8"	9.500	100.0		Clasificación SUCS (ASTM D2487)	CL-ML	
Nº 4	4.750	98.2		Clasificación AASHTO (D3282)	A-4 (4)	
Nº 10	2.000	92.7		Nombre del Grupo	Arcilla limo arenoso de baja plasticidad	
Nº 20	0.840	85.3		<b>INDICACIONES:</b>		
Nº 40	0.425	78.3		El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C.		
Nº 60	0.250	71.3				
Nº 100	0.150	61.3				
Nº 200	0.075	54.1				

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

1.2) Certificado de ensayo Limites de Consistencia de la Calicata I.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

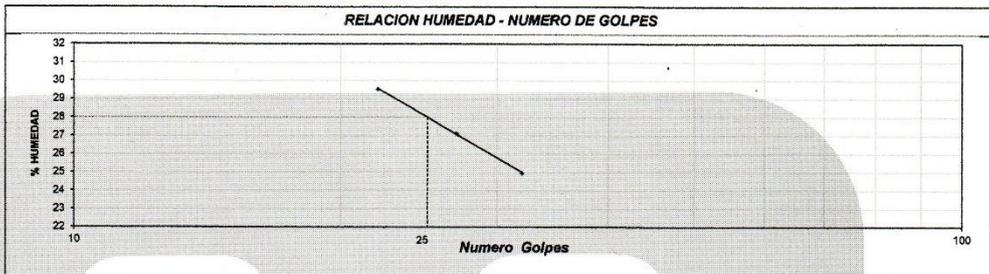
www.mtlgeotecniasac.c

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-006
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D4318 / MTC E - 110 / MTC E - 111			

REFERENCIA	: Resultados de Laboratorio
SOLICITANTE	: Enka del Pilar Garcia Onorbe
PROYECTO	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria - Carabaylo - 2021"
UBICACIÓN	: Lima
CALICATA	: C-01
MUESTRA	: M-01
PROFUNDIDAD	: 1.50 m
Fecha de ensayo: 27/04/2021	

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40						
		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
Nro. de Recipiente		1	3	5	11	10		
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	29.24	28.46	28.22	22.12	20.45		
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	25.82	25.41	25.40	20.69	19.28		
Peso de Recipiente (C)	gr.	14.24	14.17	14.10	14.21	14.02		
Peso del Agua (A-B)	gr.	3.42	3.05	2.82	1.43	1.17		
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	11.58	11.24	11.30	6.48	5.26		
Contenido Humedad $W=(A-B)/(B-C)*100$	%	29.53	27.14	24.96	22.07	22.24		
N° De Golpes		22	27	32	32	32		

RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
	28.0	22.0	



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 MTL GEOTECNIA SAC ENSAYO DE MATERIALES Jefe de Laboratorio	 MTL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 21936 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA

### 1.3) Certificado del ensayo de Proctor Modificado de la Calicata I



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.

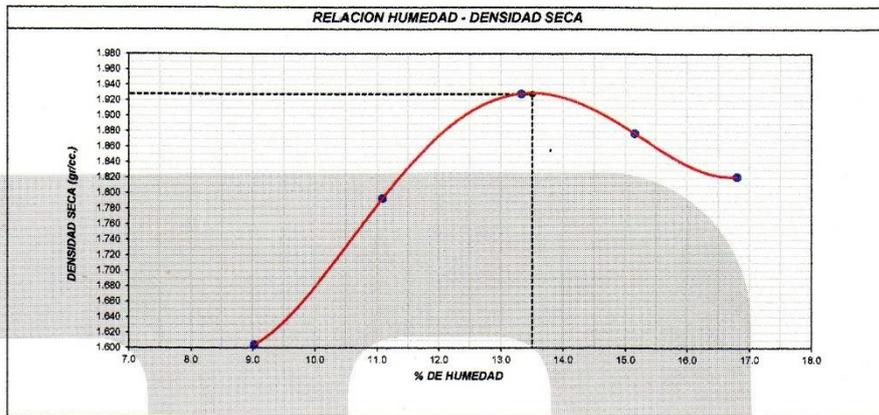
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1557/ NTP 339.141			

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio		
<b>SOLICITANTE</b>	: Erika del Pilar García Onorbe		
<b>PROYECTO</b>	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria- Carabayllo-2021"		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima	<b>Fecha de ensayo:</b>	30/04/2021
<b>SONDEO</b>	: C1	<b>MÉTODO:</b>	C
<b>MUESTRA</b>	: M1		
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.5 m.		

Volumen Molde	2119	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6790	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,496	11,011	11,421	11,371	11,298
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,706	4,221	4,631	4,581	4,508
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,749	1,992	2,185	2,162	2,127
Recipiente Numero						
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	825.6	839.5	819.5	851.2	862.8
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	775.5	788.5	750.8	770.6	768.3
Peso de la Tara	gr.	220.5	328.7	233.5	238.5	205.8
Peso del agua	gr.	60.1	51.0	66.9	80.6	94.5
Peso del suelo seco	gr.	555	460	517	532	562.5
Contenido de agua	%	9.0	11.1	13.3	15.1	16.8
Densidad Seca	gr/cc	1.604	1.793	1.929	1.877	1.821

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	1.928	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	13.50 %
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	---------



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

# 1.4) Certificado del ensayo CBR- Expansión de la Calicata I



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	24/10/2017

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
 ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Erika del Pilar García Onorbe
<b>PROYECTO</b>	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria- Carabayllo-2021"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima
<b>SONDEO</b>	: C1 <span style="float: right;">Fecha de ensayo: 03/05/2021</span>
<b>MUESTRA</b>	: M1
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.5 m.

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	6		F		22	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	13.518		12.488		11.956	
Peso molde (gr.)	8.897		8.165		7.845	
Peso suelo compactado (gr.)	4.621		4.323		4.111	
Volumen del molde (cm³)	2.105		2.068		2.085	
Densidad húmeda (gr./cm³)	2.195		2.091		1.972	
Humedad (%)	13.4		13.4		13.5	
Densidad Seca (gr./cm³)	1.936		1.844		1.738	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Tara+suelo húmedo (gr.)	556.1		487.5		492.7	
Tara+suelo seco (gr.)	490.5		430.0		434.2	
Peso de agua (gr.)	65.6		57.5		58.5	
Peso de tara (gr.)						
Peso de suelo seco (gr.)	490.5		430.0		434.2	
Humedad (%)	13.4		13.4		13.5	

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
30-Abr	09:40	0	20	0.00	0.00	15	0.00	0.00	18	0.00	0.00
1-May	09:40	24	38	0.46	0.39	36	0.53	0.46	41	0.58	0.51
2-May	09:40	48	42	0.56	0.48	39	0.61	0.52	45	0.69	0.60
3-May	09:40	72	44	0.61	0.52	42	0.69	0.59	48	0.76	0.67

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 6				F				Molde N° 22			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		11	0.5			7	0.4			4	0.2		
0.050		32	1.6			19	1.0			10	0.5		
0.075		71	3.6			49	2.5			14	0.7		
0.100	70.307	108	5.5	5.2	7.4	70	3.6	3.5	5.0	16	0.8	1.0	1.4
0.150		164	8.3			105	5.3			34	1.7		
0.200	105.460	204	10.4			134	6.8			40	2.1		
0.300		260	13.2			157	8.0			61	3.1		
0.400		321	16.3			190	9.6			69	3.5		
0.500		381	18.4			214	10.9			78	4.0		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 MTL GEOTECNIA SAC ENSAYO DE MATERIALES	 MTL GEOTECNIA SAC Ingeniero Huamani INGENIERO CIVIL C.T.P. N° 21946	 MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

# 1.5). Certificado del ensayo CBR de la Calicata I.



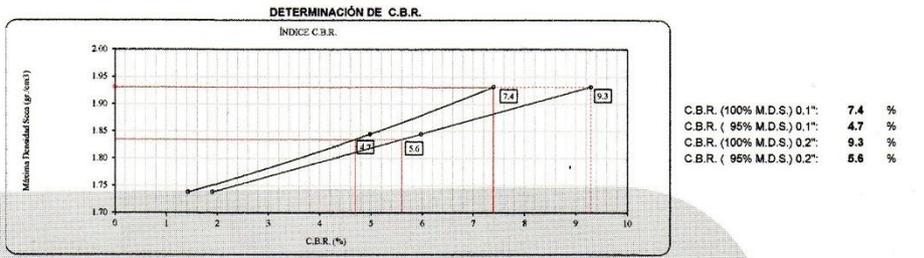
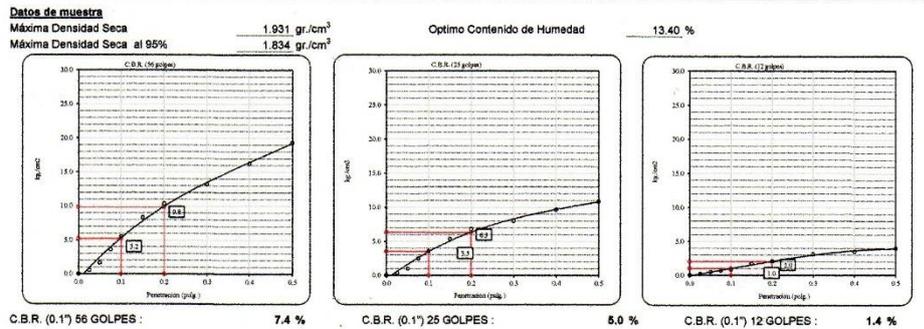
(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS**  
 ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Erika del Pilar García Onorbe
<b>PROYECTO</b>	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria- Carabayllo-2021"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima
<b>SONDEO</b>	: C1
<b>MUESTRA</b>	: M1
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.5 m.
	<b>Fecha de ensayo:</b> 03/05/2021



**OBSERVACIONES:**  
 0  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

## 2.1) Certificado del ensayo de Clasificación de Suelos de la Calicata II.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

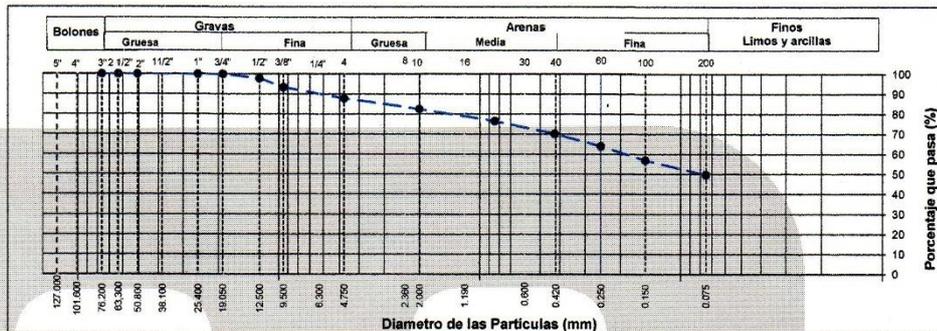
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS**  
 ASTM D6913 / MTC E - 204

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de Laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Erika del Pilar García Onorbe
<b>PROYECTO</b>	: Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria - Carabayllo - 2021*
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima
<b>CALICATA</b>	: C-02
<b>MUESTRA</b>	: M-01
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.50 m

Fecha de ensayo: 27/04/2021

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
5"	127.000	100.0	/	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)</b>		
4"	101.600	100.0		Contenido Humedad (%)	4.3	
3"	76.200	100.0		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)</b>		
2 1/2"	63.300	100.0		Límite Líquido (LL)	24.0	
2"	50.800	100.0		Límite Plástico (LP)	20.0	
1 1/2"	38.100	100.0		Índice Plástico (IP)	4.0	
1"	25.400	100.0		<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>		
3/4"	19.000	100.0		Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
1/2"	12.500	97.8		12.3	38.0	49.7
3/8"	9.500	93.3		<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>		
Nº 4	4.750	87.7		Clasificación SUCS (ASTM D2487)	SC-SM	
Nº 10	2.000	82.5		Clasificación AASHTO (D3282)	A-4 (3)	
Nº 20	0.840	78.5		Nombre del Grupo	Arena limo arcillosa	
Nº 40	0.425	70.1		<b>INDICACIONES:</b>		
Nº 60	0.250	64.0		El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C.		
Nº 100	0.150	57.0				
Nº 200	0.075	49.7				

**CURVA GRANULOMETRICA**



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 MTL GEOTECNIA S.A.C. ENLAZO DE MATERIALES Jefe de Laboratorio	 MTL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Correlato Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL R.P. N° 210306 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 MTL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA

## 2.2) Certificado de ensayo Limites de Consistencia de la Calicata II.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

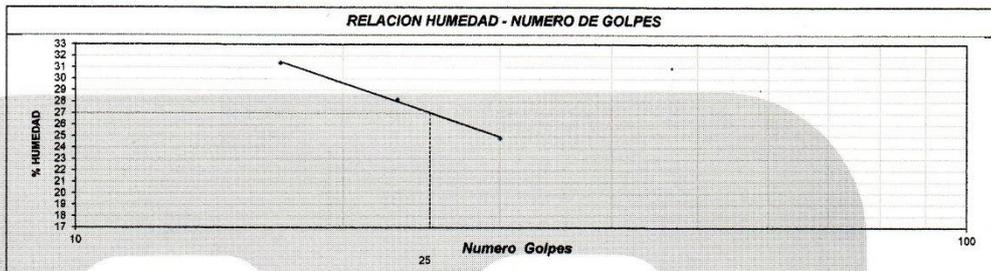
www.mtlgeotecniasac.c

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA	Código	FOR-LAB-MS-006
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D4318 / MTC E - 110 / MTC E - 111			

REFERENCIA	: Resultados de Laboratorio
SOLICITANTE	: Erika del Pilar Garcia Onorbe
PROYECTO	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria - Carabaylo - 2021"
UBICACIÓN	: Lima
CALICATA	: C-02
MUESTRA	: M-01
PROFUNDIDAD	: 1.50 m
Fecha de ensayo: 27/04/2021	

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz Nº 40					
		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
Nro. de Recipiente		6	4	7	9	12	
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	29.33	29.12	28.74	22.28	21.14	
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	25.73	25.84	25.84	20.84	19.93	
Peso de Recipiente (C)	gr.	14.26	14.21	14.16	14.13	14.16	
Peso del Agua (A-B)	gr.	3.60	3.28	2.90	1.42	1.21	
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	11.47	11.63	11.68	6.71	5.77	
Contenido Humedad $W=(A-B)/(B-C)*100$	%	31.39	28.20	24.83	21.16	20.97	
Nº De Golpes		17	23	30	30	30	

RESULTADOS OBTENIDOS	LÍMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
	27.0	21.0	



- OBSERVACIONES:**
- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
  - \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

## 2.3) Certificado del ensayo de Proctor Modificado de la Calicata II.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecnias

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

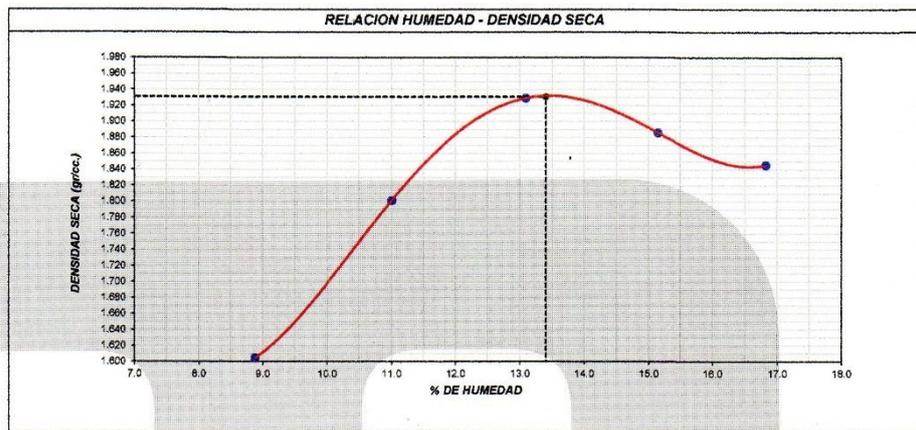
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
 ASTM D1557/ NTP 339.141

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio		
<b>SOLICITANTE</b>	: Erika del Pilar García Onorbe		
<b>PROYECTO</b>	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria- Carabayllo-2021"		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima	<b>Fecha de ensayo:</b>	30/04/2021
<b>SONDEO</b>	: C2	<b>MÉTODO:</b>	C
<b>MUESTRA</b>	: M1		
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.5 m.		

Volumen Molde	2119	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6790	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,492	11,027	11,413	11,392	11,358
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,702	4,237	4,823	4,602	4,568
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,747	2,000	2,182	2,172	2,156
Recipiente Numero						
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	836.5	856.2	805.5	842.5	859.5
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	787.8	796.5	738.7	762.4	770.2
Peso de la Tara	gr.	239.5	254.1	228.7	233.5	239.4
Peso del agua	gr.	48.7	59.7	86.8	80.1	89.3
Peso del suelo seco	gr.	548	542	510	529	530.8
Contenido de agua	%	8.9	11.0	13.1	15.1	16.8
Densidad Seca	gr/cc	1.605	1.801	1.929	1.886	1.845

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	1.931	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	13.40 %
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	---------



**OBSERVACIONES:**  
 • Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 • Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

## 2.4) Certificado del ensayo CBR- Expansión de la Calicata II.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	24/10/2017

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Erika del Pilar Garcia Onorbe
<b>PROYECTO</b>	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria- Carabayllo-2021"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima
<b>SONDEO</b>	: C2
<b>MUESTRA</b>	: M1
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.5 m.
	Fecha de ensayo: 03/05/2021

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	22		10		12	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	50		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	11.858		11.859		12.690	
Peso molde (gr.)	7.242		7.277		8.510	
Peso suelo compactado (gr.)	4.616		4.382		4.180	
Volumen del molde (cm³)	2.105		2.123		2.140	
Densidad húmeda (gr./cm³)	2.193		2.064		1.953	
Humedad (%)	13.3		13.4		13.4	
Densidad Seca (gr./cm³)	1.935		1.819		1.722	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Tara+suelo húmedo (gr.)	496.5		499.3		502.5	
Tara+suelo seco (gr.)	438.1		440.2		443.1	
Peso de agua (gr.)	58.4		59.1		59.4	
Peso de tara (gr.)						
Peso de suelo seco (gr.)	438.1		440.2		443.1	
Humedad (%)	13.3		13.4		13.4	

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
30-Abr	11:33	0	26	0.00	0.00	29	0.00	0.00	19	0.00	0.00
1-May	11:33	24	39	0.33	0.29	43	0.36	0.31	35	0.41	0.35
2-May	11:33	48	44	0.46	0.40	47	0.46	0.39	38	0.48	0.41
3-May	11:33	72	45	0.48	0.42	49	0.51	0.44	42	0.58	0.50

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm²)	Molde N° 22				Molde N° 10				Molde N° 12			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %
0.025		20	1.0			16	0.8			11	0.6		
0.050		91	4.6			70	3.5			39	2.0		
0.075		142	7.2			93	4.7			48	2.4		
0.100	70.307	284	14.4	13.6	19.3	112	5.7	5.3	7.6	52	2.6	2.9	4.0
0.150		451	22.9			134	6.8			70	3.5		
0.200	105.460	601	30.5			152	7.7			82	4.2		
0.300		743	37.7			196	9.9			95	4.8		
0.400		856	43.4			234	11.9			106	5.4		
0.500		991	50.3			262	13.3			118	6.0		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

2.5). Certificado del ensayo CBR de la Calicata II.



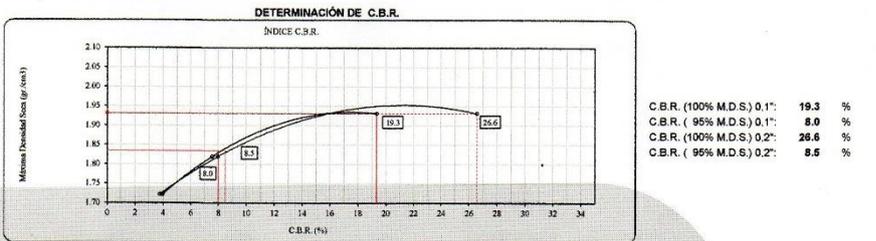
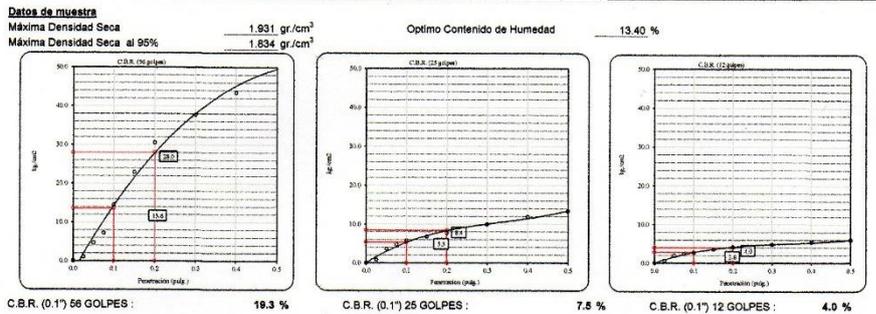
(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS  
 ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Erika del Pilar García Onorbe
PROYECTO	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria- Carabaylo-2021"
UBICACIÓN	: Lima
SONDEO	: C2
MUESTRA	: M1
PROFUNDIDAD	: 1.5 m.
	Fecha de ensayo: 03/05/2021



**OBSERVACIONES:**  
 0  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

### 3.1) Certificado del ensayo de Clasificación de Suelos de la Calicata III.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
 ASTM D6913 / MTC E - 204

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de Laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Erika del Pilar Garcia Onorbe
<b>PROYECTO</b>	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria - Carabayllo - 2021"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima
<b>CALICATA</b>	: C-02
<b>MUESTRA</b>	: M-01
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.50 m

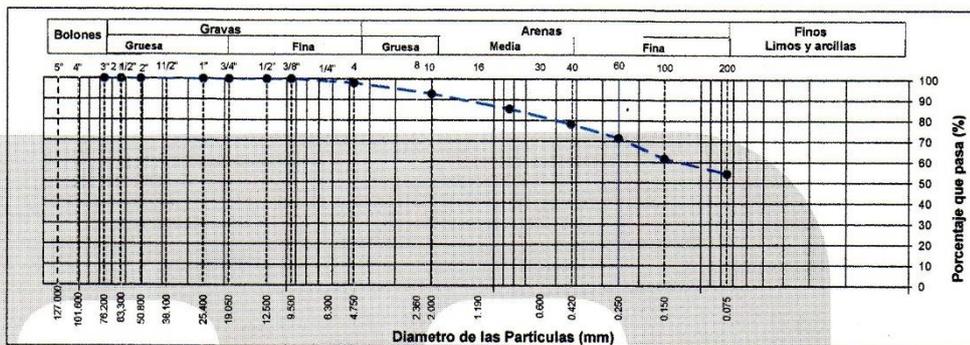
Fecha de ensayo: 27/04/2021

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
5"	127.000	100.0	/	/
4"	101.600	100.0		
3"	76.200	100.0		
2 1/2"	63.300	100.0		
2"	50.800	100.0		
1 1/2"	38.100	100.0		
1"	25.400	100.0		
3/4"	19.000	100.0		
1/2"	12.500	100.0		
3/8"	9.500	100.0		
Nº 4	4.750	98.0		
Nº 10	2.000	92.8		
Nº 20	0.840	85.6		
Nº 40	0.425	78.3		
Nº 60	0.250	71.5		
Nº 100	0.150	61.7		
Nº 200	0.075	54.4		

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)</b>		
Contenido Humedad (%)	5.4	
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)</b>		
Límite Líquido (LL)	27.0	
Límite Plástico (LP)	21.0	
Índice Plástico (IP)	6.0	
Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
2.0	43.6	54.4
<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>		
Clasificación SUCS (ASTM D2487)	CL-ML	
Clasificación AASHTO (D3282)	A-4 ( 4 )	
Nombre del Grupo	Arcilla limo arenoso de baja plasticidad	
<b>INDICACIONES:</b>		
El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C.		

**CURVA GRANULOMETRICA**



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

### 3.2) Certificado de ensayo Limites de Consistencia de la Calicata III.



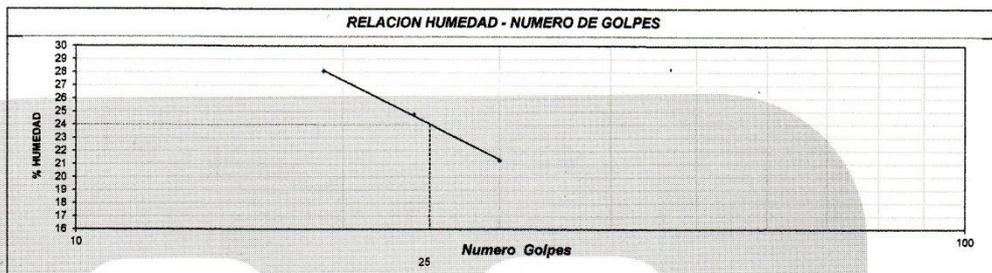
(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA	Código	FOR-LAB-MS-006
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D4318 / MTC E - 110 / MTC E - 111			
REFERENCIA	: Resultados de Laboratorio		
SOLICITANTE	: Erika del Pilar García Onorbe		
PROYECTO	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria - Carabayito - 2021"		
UBICACIÓN	: Lima		
CALICATA	: C-03		
MUESTRA	: M-01		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		
Fecha de ensayo: 27/04/2021			

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40					
		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
Nro. de Recipiente		7	10	2	3	6	
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	29.27	29.12	28.78	22.32	21.41	
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	25.98	28.21	26.26	20.96	20.20	
Peso de Recipiente (C)	gr.	14.26	14.47	14.42	14.18	14.16	
Peso del Agua (A-B)	gr.	3.29	2.91	2.52	1.36	1.21	
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	11.72	11.74	11.84	6.78	6.04	
Contenido Humedad $W=(A-B)/(B-C)*100$	%	28.07	24.79	21.28	20.06	20.03	
N° De Golpes		19	24	30	30	30	

RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
	24.0	20.0	4.0



- OBSERVACIONES:**
- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
  - \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

### 3.3) Certificado del ensayo de Proctor Modificado de la Calicata III.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

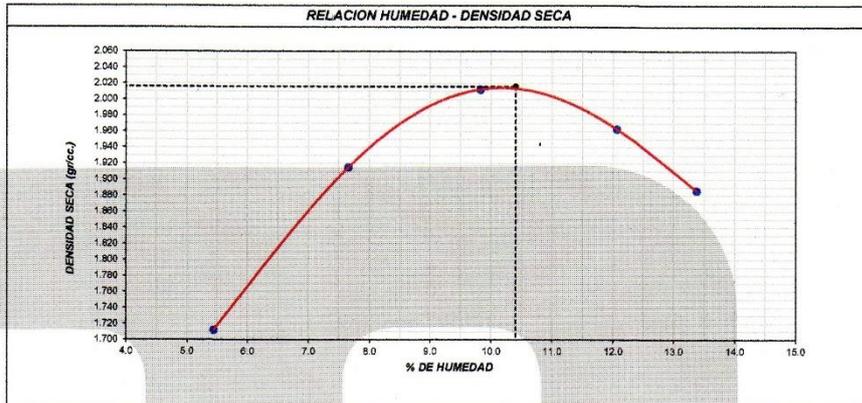
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1557/ NTP 339.141			

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio		
<b>SOLICITANTE</b>	: Erika del Pilar García Onorbe		
<b>PROYECTO</b>	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria- Carabayllo-2021"		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima	<b>MÉTODO:</b>	C
<b>SONDEO</b>	: C3	<b>Fecha de ensayo:</b>	30/04/2021
<b>MUESTRA</b>	: M1		
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.5 m.		

Volumen Molde	2119	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6790	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,615	11,158	11,473	11,451	11,321
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,825	4,368	4,683	4,661	4,531
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,805	2,061	2,210	2,200	2,138
Rcipiente Numero						
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	845.2	839.8	826.8	849.5	836.8
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	813.0	801.6	774.5	783.2	763.5
Peso de la Tara	gr.	221.5	305.2	242.2	233.6	215.4
Peso del agua	gr.	32.2	38.0	52.3	66.3	73.3
Peso del suelo seco	gr.	592	496	532	550	548.1
Contenido de agua	%	5.4	7.7	9.8	12.1	13.4
Densidad Seca	gr/cc	1.712	1.915	2.012	1.963	1.886

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	2.016	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	10.40	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-------	---



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

### 3.4) Certificado del ensayo CBR- Expansión de la Calicata III.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	24/10/2017

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
 ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Erika del Pilar García Onorbe
<b>PROYECTO</b>	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria- Carabayllo-2021"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima
<b>SONDEO</b>	: C3 <span style="float: right;">Fecha de ensayo: 03/05/2017</span>
<b>MUESTRA</b>	: M1
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.5 m.

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	21		27		25	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	11,936		11,844		11,364	
Peso molde (gr.)	7,245		7,245		7,128	
Peso suelo compactado (gr.)	4,691		4,399		4,236	
Volumen del molde (cm³)	2,105		2,073		2,121	
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,229		2,122		1,997	
Humedad (%)	10.4		10.5		10.5	
Densidad Seca (gr./cm³)	2,018		1,920		1,807	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Tara+suelo húmedo (gr.)	512.6		496.8		501.2	
Tara+suelo seco (gr.)	464.2		449.6		453.5	
Peso de agua (gr.)	48.4		47.2		47.7	
Peso de tara (gr.)						
Peso de suelo seco (gr.)	464.2		449.6		453.5	
Humedad (%)	10.4		10.5		10.5	

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión		
			mm	%		mm	%		mm	%	
30-Abr	12:28	0	28	0.00	0.00	25	0.00	0.00	15	0.00	0.00
1-May	12:28	24	38	0.20	0.18	34	0.23	0.20	26	0.28	0.24
2-May	12:28	48	40	0.30	0.26	38	0.33	0.29	29	0.36	0.31
3-May	12:28	72	42	0.36	0.31	40	0.38	0.34	32	0.43	0.37

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm²)	Molde N° 21				Molde N° 27				Molde N° 25			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %
0.025		19	1.0			13	0.7			5	0.2		
0.050		66	3.5			49	2.5			17	0.9		
0.075		162	8.2			114	5.8			40	2.0		
0.100	70.307	277	14.1	17.8	25.3	194	9.9	12.4	17.6	68	3.4	3.9	5.5
0.150		517	26.3			362	18.4			127	6.4		
0.200	105.460	714	36.3			500	25.4			175	8.9		
0.300		1025	52.1			718	36.4			251	12.8		
0.400		1340	68.1			938	47.6			328	16.7		
0.500		1611	81.8			1128	57.3			395	20.0		

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

### 3.5). Certificado del ensayo CBR de la Calicata III.



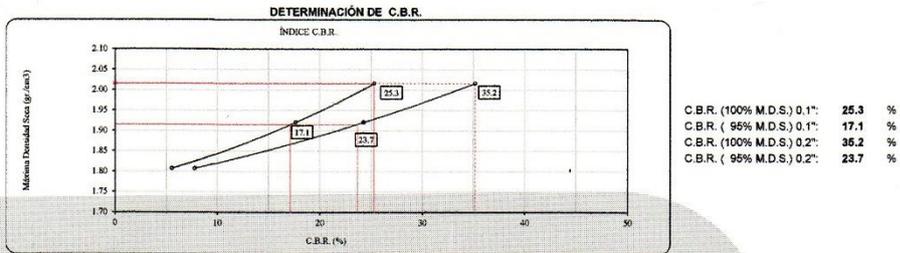
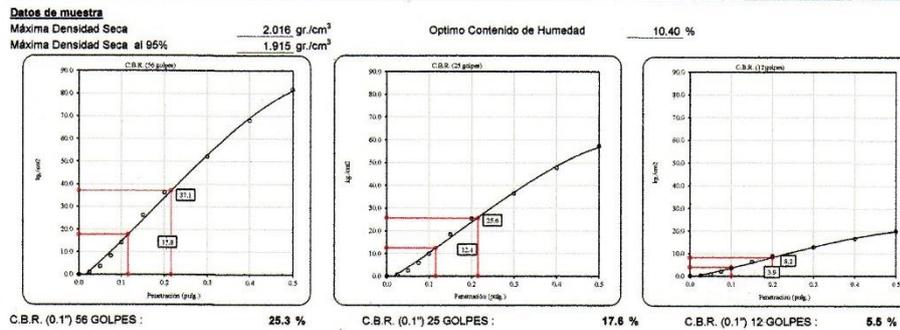
(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
 ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Erika del Pilar García Onorbe
<b>PROYECTO</b>	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria- Carabaylo-2021"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima
<b>SONDEO</b>	: C3
<b>MUESTRA</b>	: M1
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1,5 m.
	<b>Fecha de ensayo:</b> 03/05/2021



**OBSERVACIONES:**  
 0  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 MTL GEOTECNIA S.A.C. ENSAYO DE MATERIALES	 MTL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Cementos, Asfalto ELIOT MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 21896	 MTL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

#### 4.1) Certificado del ensayo de Proctor Modificado de la Calicata I + 2% Sillar B.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

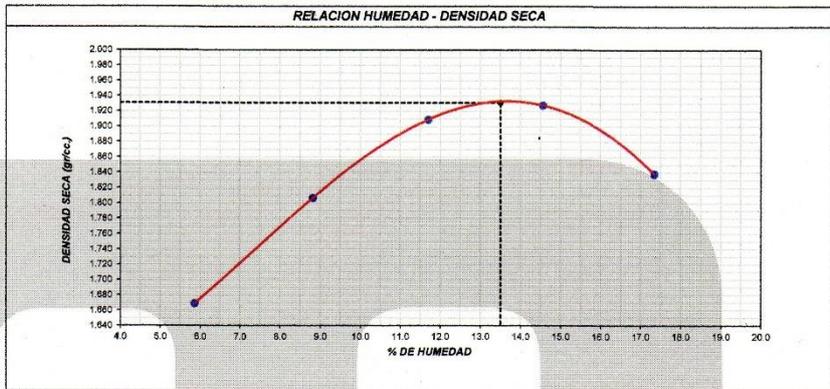
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1557/ NTP 339.141			

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio		
<b>SOLICITANTE</b>	: Erika del Pilar García Onorbe		
<b>TESIS</b>	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria- Carabaylo-2021"		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima	<b>Fecha de ensayo:</b>	12/05/2021
<b>SONDEO</b>	: C1 (SILLAR 2%)	<b>MÉTODO:</b>	C
<b>MUESTRA</b>	: M1		
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.5 m.		

Volumen Molde	937.39	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	3826	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,482	5,669	5,825	5,896	5,848
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,656	1,843	1,999	2,070	2,022
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,767	1,966	2,133	2,208	2,157
Recipiente Numero						
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	826.6	796.8	784.7	777.9	796.8
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	793.5	751.2	728.5	711.0	715.5
Peso de la Tara	gr.	228.5	234.1	248.5	251.5	246.8
Peso del agua	gr.	33.1	45.6	56.2	66.9	81.3
Peso del suelo seco	gr.	565	517	480	460	468.7
Contenido de agua	%	5.9	8.8	11.7	14.6	17.3
Densidad Seca	gr/cc	1.669	1.807	1.909	1.928	1.838

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	1.931	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	13.50 %
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	---------



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 MTL GEOTECNIA S.A.C. FRENTO DE MATERIALES	 MTL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto Asfalto Eimer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL P. N. 218690	 MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

## 4.2) Certificado del ensayo CBR- Expansión de la Calicata I + 2% Sillar B.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	24/10/2017

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Erika del Pilar García Onorbe		
TESIS	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria- Carabaylo-2021"		
UBICACIÓN	: Lima		
CANTERA	: C1 (SILLAR 2%)	Fecha de ensayo:	15/05/2021
MUESTRA	: M1		
MATERIAL	: 1.5 m		

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde N°	A			B			C						
Número de capas	5			5			5						
Número de golpes	56			25			12						
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO	NO SATURADO		SATURADO	NO SATURADO		SATURADO				
Peso suelo + molde (gr.)	13,164		13,363	13,363		12,758	13,164		12,758				
Peso molde (gr.)	8,545		8,935	8,935		8,845	8,545		8,845				
Peso suelo compactado (gr.)	4,619		4,428	4,428		4,113	4,619		4,113				
Volumen del molde (cm³)	2,105		2,115	2,115		2,109	2,105		2,109				
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,194		2,094	2,094		1,950	2,194		1,950				
Humedad (%)	13.5		13.6	13.6		13.5	13.5		13.5				
Densidad Seca (gr./cm³)	1,933		1,843	1,843		1,718	1,933		1,718				
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Tara+suelo húmedo (gr.)	549.6			602.4			506.8						
Tara+suelo seco (gr.)	484.2			442.2			446.5						
Peso de agua (gr.)	65.4			60.2			60.3						
Peso de tara (gr.)													
Peso de suelo seco (gr.)	484.2			442.2			446.5						
Humedad (%)	13.5			13.6			13.5						
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión			
				mm	%		mm	%		mm	%		
12-May	10:30	0	15	0.00	0.00	21	0.00	0.00	12	0.00	0.00		
13-May	10:30	24	33	0.46	0.39	41	0.51	0.44	36	0.61	0.52		
14-May	10:30	48	35	0.51	0.44	43	0.56	0.48	39	0.66	0.59		
15-May	10:30	72	38	0.53	0.46	44	0.58	0.50	41	0.74	0.63		
PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm²)	A			B			C					
		Carga	Corrección		Carga	Corrección		Carga	Corrección				
		kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %
0.025		20	1.0			14	0.7			5	0.2		
0.050		49	2.5			34	1.7			12	0.6		
0.075		95	4.8			67	3.4			23	1.2		
0.100	70.307	138	7.0	11.5	16.4	97	4.9	7.9	11.2	34	1.7	2.3	3.3
0.150		308	15.6			216	10.9			75	3.8		
0.200	105.460	472	24.0			331	16.8			116	5.9		
0.300		597	30.3			418	21.2			146	7.4		
0.400		695	35.3			486	24.7			170	8.6		
0.500		775	39.4			543	27.6			190	9.6		

#### OBSERVACIONES:

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

4.3). Certificado del ensayo CBR de la Calicata I + 2% Sillar B.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

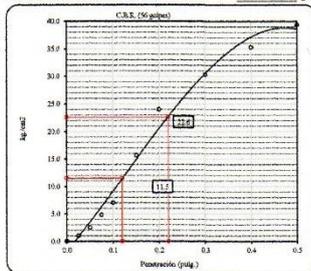
www.mtlgeotecniasac.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

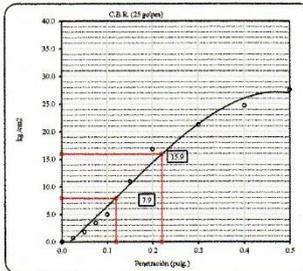
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
 ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Erika del Pilar García Onorbe
<b>TESIS</b>	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria- Carabayllo-2021"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima
<b>CANTERA</b>	: C1 (SILLAR 2%)
<b>MUESTRA</b>	: M1
<b>MATERIAL</b>	: 1.5 m.
	<b>Fecha de ensayo:</b> 15/05/2016

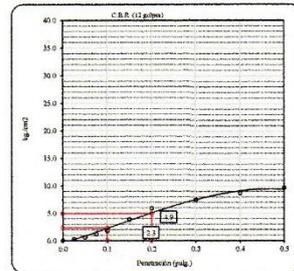
**Datos de muestra**  
 Máxima Densidad Seca: 1.931 gr./cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad: 13.50 %  
 Máxima Densidad Seca al 95%: 1.834 gr./cm<sup>3</sup>



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES: 16.4 %

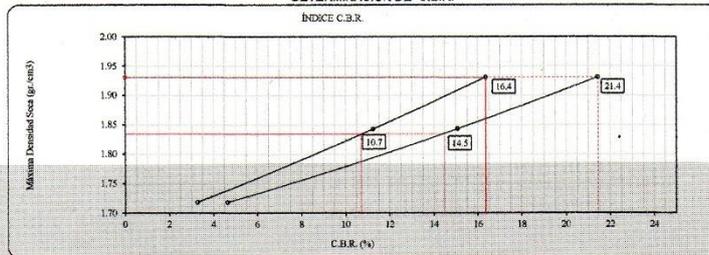


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES: 11.2 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES: 3.3 %

**DETERMINACIÓN DE C.B.R.**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 16.4 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": 10.7 %  
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 21.4 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": 14.5 %

**OBSERVACIONES:**

- 0
- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

5.1) Certificado del ensayo de Proctor Modificado de la Calicata I + 4% Sillar B.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.c

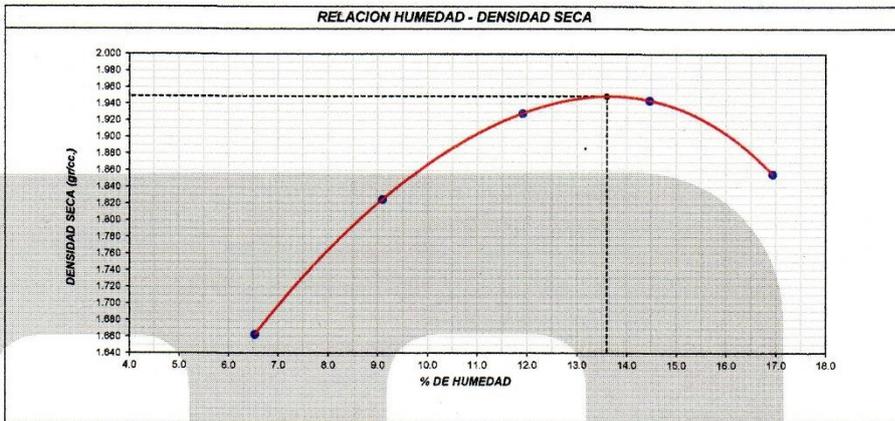
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1557/ NTP 339.141			

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio		
<b>SOLICITANTE</b>	: Erika del Pilar García Onorbe		
<b>TESIS</b>	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria- Carabaylo-2021"		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima	<b>Fecha de ensayo:</b>	12/05/2012
<b>SONDEO</b>	: C1 (SILLAR 4%)	<b>MÉTODO:</b>	C
<b>MUESTRA</b>	: M1		
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.5 m.		

Volumen Molde	937.39	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	3826	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,486	5,692	5,649	5,912	5,880
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,660	1,866	2,023	2,086	2,034
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,771	1,991	2,158	2,225	2,170
Recipiente Numero		-	-	-	-	-
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	805.2	796.8	784.7	777.9	796.8
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	770.5	750.1	728.2	712.5	718.6
Peso de la Tara	gr.	239.6	236.5	254.1	260.6	256.8
Peso del agua	gr.	34.7	46.7	56.5	65.4	78.2
Peso del suelo seco	gr.	531	514	474	452	461.8
Contenido de agua	%	6.5	9.1	11.9	14.5	16.9
Densidad Seca	gr/cc	1.662	1.825	1.928	1.944	1.856

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	1.949	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	13.60	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-------	---



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

5.2) Certificado del ensayo CBR- Expansión de la Calicata I + 4% Sillar B.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecnia

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	24/10/2017

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
 ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Erika del Pilar García Onorbe
<b>TESIS</b>	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria- Carabayllo-2021"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima
<b>CANTERA</b>	: C1 (SILLAR 4%) <span style="float: right;">Fecha de ensayo: 15/05/2021</span>
<b>MUESTRA</b>	: M1
<b>MATERIAL</b>	: 1.5 m.

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	D		E		F	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,912		12,220		12,274	
Peso molde (gr.)	8,251		7,786		8,165	
Peso suelo compactado (gr.)	4,661		4,434		4,109	
Volumen del molde (cm³)	2,105		2,105		2,068	
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,214		2,105		1,987	
Humedad (%)	13.6		13.6		13.7	
Densidad Seca (gr./cm³)	1,949		1,854		1,747	

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Tara+suelo húmedo (gr.)	536.5	502.6	526.8
Tara+suelo seco (gr.)	472.2	442.5	463.2
Peso de agua (gr.)	64.3	60.1	63.6
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	472.2	442.5	463.2
Humedad (%)	13.6	13.6	13.7

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
12-May	11:20	0	17	0.00	0.00	23	0.00	0.00	14	0.00	0.00
13-May	11:20	24	35	0.46	0.39	42	0.48	0.41	36	0.66	0.48
14-May	11:20	48	36	0.48	0.41	44	0.53	0.46	39	0.64	0.55
15-May	11:20	72	37	0.51	0.44	45	0.56	0.48	41	0.89	0.59

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm²)	D				E				F			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %
0.025		39	2.0			27	1.4			10	0.5		
0.050		79	4.0			55	2.8			19	1.0		
0.075		135	6.9			95	4.8			33	1.7		
0.100	70.307	269	13.7	12.2	17.4	188	9.6	8.6	12.2	66	3.3	3.2	4.6
0.150		359	18.2			251	12.8			88	4.5		
0.200	105.460	495	25.1			347	17.6			121	6.2		
0.300		639	32.5			447	22.7			157	8.0		
0.400		727	36.9			509	25.8			178	9.0		
0.500		823	41.8			576	29.3			202	10.2		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 MTL GEOTECNIA S.A.C. SUELOS CONSULTA ASFALTO Erika del Pilar García Onorbe INGENIERO CIVIL P. N° 219946	 MTL GEOTECNIA S.A.C. SUELOS CONSULTA ASFALTO Erika del Pilar García Onorbe INGENIERO CIVIL P. N° 219946	 MTL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

5.3). Certificado del ensayo CBR de la Calicata I + 4% Sillar B.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

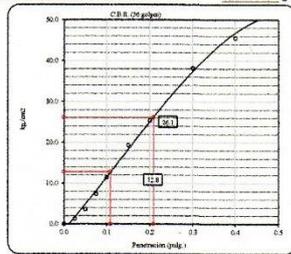
www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/08/2016

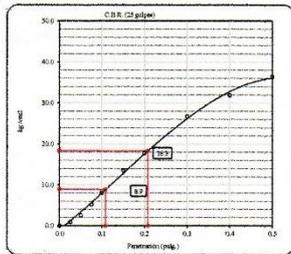
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
 ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio	
<b>SOLICITANTE</b>	: Erika del Pilar García Onorbe	
<b>TESIS</b>	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria- Carabayllo-2021"	
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima	
<b>CANTERA</b>	: C1 (SILLAR 6%)	<b>Fecha de ensayo:</b> 15/05/2021
<b>MUESTRA</b>	: M1	
<b>MATERIAL</b>	: 1.5 m.	

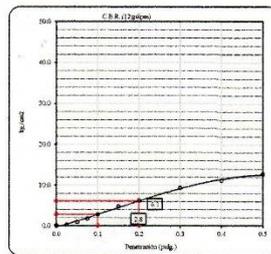
**Datos de muestra**  
 Máxima Densidad Seca 1.969 gr/cm<sup>3</sup>  
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.871 gr/cm<sup>3</sup>  
 Optimo Contenido de Humedad 13.70 %



C.B.R. (0.1') 56 GOLPES : 18.2 %

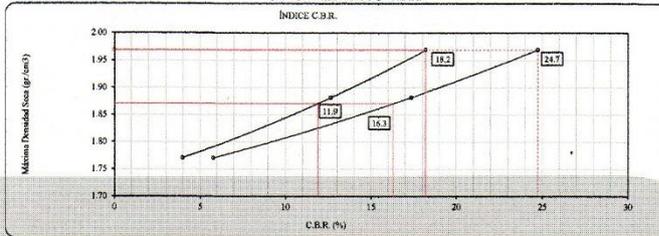


C.B.R. (0.1') 25 GOLPES : 12.7 %



C.B.R. (0.1') 12 GOLPES : 4.0 %

**DETERMINACIÓN DE C.B.R.**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 18.2 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": 11.9 %  
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 24.7 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": 16.3 %

**OBSERVACIONES:**

- 0
- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 MTL GEOTECNIA S.A.C. ENSAYO DE MATERIALES	 MTL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Sillar Erika del Pilar García Onorbe INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 219096	 MTL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

6.1) Certificado del ensayo de Proctor Modificado de la Calicata I + 6% Sillar B.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

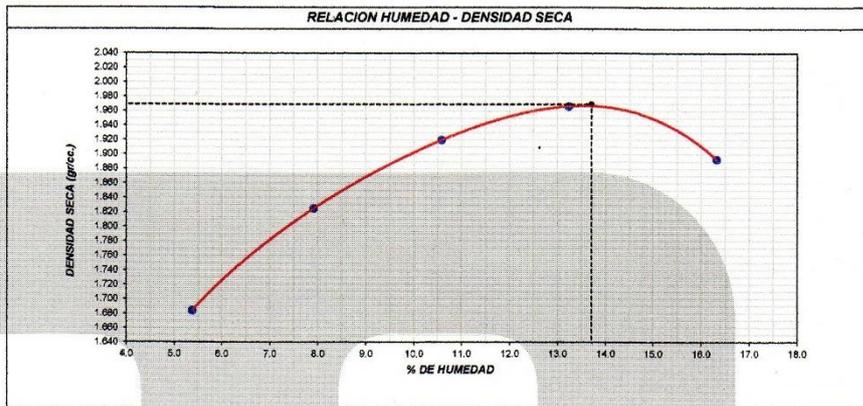
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1557/ NTP 339.141			

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio		
<b>SOLICITANTE</b>	: Erika del Pilar García Onorbe		
<b>TESIS</b>	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria- Carabayllo-2021"		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima	<b>Fecha de ensayo:</b>	12/05/2021
<b>SONDEO</b>	: C1 (SILLAR 6%)	<b>MÉTODO:</b>	C
<b>MUESTRA</b>	: M1		
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.5 m.		

Volumen Molde	937.39	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	3826	gr.

NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr. 5,489	5,672	5,816	5,913	5,890
Peso Suelo Humedo Compactado	gr. 1,663	1,846	1,990	2,087	2,064
Peso Volumetrico Humedo	gr. 1,774	1,969	2,123	2,226	2,202
Recipiente Numero					
Peso Suelo Humedo + Tara	gr. 862.5	819.6	825.6	914.4	756.3
Peso Suelo Seco + Tara	gr. 831.9	776.1	769.5	838.0	883.1
Peso de la Tara	gr. 262.2	226.5	239.6	260.6	234.6
Peso del agua	gr. 30.6	43.5	56.1	76.4	73.2
Peso del suelo seco	gr. 570	550	530	577	448.5
Contenido de agua	% 5.4	7.9	10.6	13.2	16.3
Densidad Seca	gr/cc 1.684	1.825	1.920	1.966	1.893

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	1.969	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	13.70	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-------	---



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

6.2) Certificado del ensayo CBR- Expansión de la Calicata I + 6% Sillar B.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR</b>	Código	FQR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	24/10/2017

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
 ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Erika del Pilar Garcia Onorbe
<b>TESIS</b>	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria- Carabayillo-2021"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima
<b>CANTERA</b>	: C1 (SILLAR 6%)
<b>MUESTRA</b>	: M1
<b>MATERIAL</b>	: 1.5 m.
	<b>Fecha de ensayo:</b> 15/05/2017

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	12		13		14	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	13,220		13,179		12,735	
Peso molde (gr.)	8,510		8,607		8,449	
Peso suelo compactado (gr.)	4,710		4,572		4,286	
Volumen del molde (cm³)	2,105		2,137		2,129	
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,238		2,139		2,013	
Humedad (%)	13.7		13.7		13.7	
Densidad Seca (gr./cm³)	1,968		1,862		1,770	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Tara+suelo húmedo (gr.)	529.5		508.5		506.8	
Tara+suelo seco (gr.)	465.6		447.2		445.7	
Peso de agua (gr.)	63.9		61.3		61.1	
Peso de tara (gr.)						
Peso de suelo seco (gr.)	465.6		447.2		445.7	
Humedad (%)	13.7		13.7		13.7	

EXPANSIÓN										
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Expansión		Expansión		Expansión		Expansión	
			Dial	mm %	Dial	mm %	Dial	mm %		
12-May	13:20	0	20	0.00 0.00	14	0.00 0.00	19	0.00 0.00		
13-May	13:20	24	36	0.41 0.35	32	0.46 0.39	39	0.51 0.44		
14-May	13:20	48	38	0.46 0.39	34	0.51 0.44	42	0.58 0.50		
15-May	13:20	72	38	0.46 0.39	34	0.51 0.44	43	0.81 0.52		

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm²)	Molde N° 12				Molde N° 13				Molde N° 14			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %
0.025		25	1.3			17	0.9			6	0.3		
0.050		71	3.6			49	2.5			17	0.9		
0.075		146	7.4			102	5.2			36	1.8		
0.100	70.307	225	11.4	12.8	18.2	158	8.0	8.9	12.7	55	2.8	2.8	4.0
0.150		381	18.3			266	13.5			93	4.7		
0.200	105.460	499	25.4			350	17.8			122	6.2		
0.300		751	38.1			525	26.7			184	9.3		
0.400		896	45.5			627	31.9			220	11.2		
0.500		1024	52.0			716	36.4			251	12.7		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Erika del Pilar Garcia Onorbe C.I.P. N° 219806	 Eimer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 219806	 CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

6.3). Certificado del ensayo CBR de la Calicata I + 6% Sillar B.



(511) 457 2237 / 989 349 903  
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,  
 San Martín de Porres - Lima  
 informes@mtlgeotecniasac.com

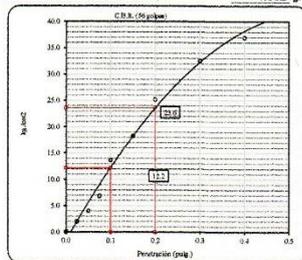
www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR</b>	Código	FOR-LAB-MS-016
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

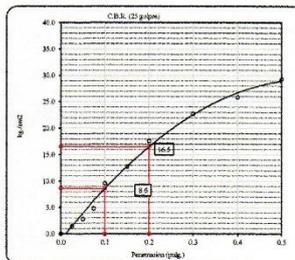
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS**  
 ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Erika del Pilar García Onorbe
<b>TESIS</b>	: "Incorporación de Sillar Blanco para la estabilización de suelo en la Av. Universitaria- Carabayllo-2021"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima
<b>CANTERA</b>	: C1 (SILLAR 4%)
<b>MUESTRA</b>	: M1
<b>MATERIAL</b>	: 1.5 m.
	<b>Fecha de ensayo:</b> 15/05/2021

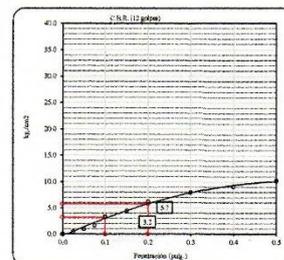
**Datos de muestra**  
 Máxima Densidad Seca \_\_\_\_\_ 1.949 gr/cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad \_\_\_\_\_ 13.60 %  
 Máxima Densidad Seca al 95% \_\_\_\_\_ 1.852 gr/cm<sup>3</sup>



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 17.4 %

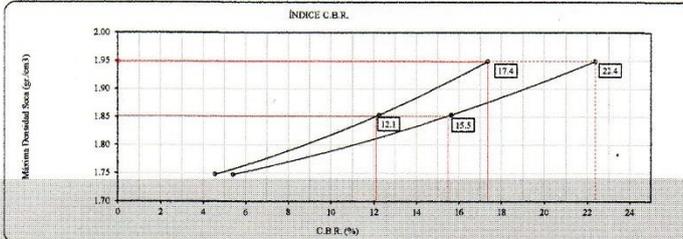


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 12.2 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 4.6 %

**DETERMINACIÓN DE C.B.R.**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 17.4 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": 12.1 %  
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 22.4 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": 15.6 %

**OBSERVACIONES:**

- 0
- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

## Anexo 7. Certificados de Calibración de los Equipos

### A). Certificado de Calibración del Laboratorio MTL GEOTÉCNIA

**Certificado**

 **INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

**TEST & CONTROL S.A.C.**

**Laboratorio de Calibración**

En su sede ubicada en: Calle Condesa de Lemos N° 117, Urb. San Miguelito, distrito de San Miguel, provincia de Lima y departamento de Lima

Con base en la norma  
**NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-OSP-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 24 de marzo de 2019  
Fecha de Vencimiento: 23 de marzo de 2023



**ESTELA CONTRERAS JUGO**  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cedula N° : 230-2019-INACAL/DA  
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N°004-16/INACAL-DA  
Registro N° : LC-016

Fecha de emisión: 05 de junio de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/creditados](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/creditados) al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-OSP-02M Ver. 02

## B). Certificado de Calibración de Balanza Electrónica

### CERTIFICADO DE CALIBRACION TC - 07121 - 2021

PROFORMA : 2506A Fecha de emisión : 2021-05-05

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.  
Dirección : CALLA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA - LIMA - SAN MARTÍN DE PORRES

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA**  
Tipo : ELECTRÓNICA  
Marca : SARTORIUS  
Modelo : LC22016  
N° de Serie : 50310007  
Capacidad Máxima : 2200 g  
Resolución : 0,01 g  
División de Verificación : 0,01 g  
Clase de Exactitud : I  
Capacidad Mínima : 1 g  
Procedencia : ALEMANIA  
N° de Parte : No Indica  
Identificación : No Indica  
Ubicación : LABORATORIO  
Variación de  $\Delta T$  Local : 3 °C  
Fecha de Calibración : 2021-04-26

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**  
Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

#### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lc. Nicolás Ramos Faucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316



Certificado de Calibración  
TC - 07121 - 2021

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud E2	LM-C-143-2020 Julio 2020
Patrones de Referencia de LO JUSTO	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1	IP-178-2020 Agosto 2020

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCION VISUAL

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

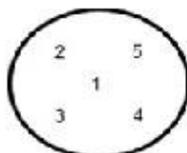
ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,6 °C	23,0 °C
Humedad Relativa	74 %	73 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	1 100,00	1 100,00	7	-2	1	2 200,00	2 199,99	2	-7
2		1 100,00	8	-3	2		2 199,99	4	-9
3		1 099,99	2	-7	3		2 200,00	7	-2
4		1 100,00	7	-2	4		2 199,99	2	-7
5		1 100,00	8	-3	5		2 200,00	8	-3
6		1 100,00	9	-4	6		2 200,00	9	-4
7		1 100,00	8	-3	7		2 199,99	2	-7
8		1 099,99	3	-8	8		2 200,00	7	-2
9		1 100,00	8	-3	9		2 199,99	3	-8
10		1 099,99	2	-7	10		2 199,99	2	-7
Emáx - Emin   (mg)				6	Emáx - Emin   (mg)				7
error máximo permitido (±mg)				20	error máximo permitido (±mg)				30



Certificado de Calibración  
TC - 07121 - 2021



ENSAYO DE EXCENRICIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	23,0 °C	23,2 °C
Humedad Relativa	73 %	72 %

N°	Determinación de Error Eo				Determinación de Error Corregido Ec					e.m.p. ( $\pm$ mg)
	Carga (g)	I (g)	$\Delta$ L (mg)	Eo (mg)	Carga (g)	I (g)	$\Delta$ L (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1	0,100	0,10	5	0	700,000	700,01	7	8	8	20
2		0,10	6	-1		699,99	2	-7	-6	
3		0,10	7	-2		700,01	7	8	10	
4		0,10	6	-1		700,02	8	17	18	
5		0,10	5	0		700,01	6	9	9	

ENSAYO DE PESAJE

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	23,3 °C	23,0 °C
Humedad Relativa	72 %	73 %

Carga (g)	Crecientes				Decrecientes				e.m.p. ( $\pm$ mg)
	I (g)	$\Delta$ L (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	$\Delta$ L (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,100	0,10	4	1						
1,000	1,00	6	-1	-2	1,00	4	1	0	10
200,000	200,00	6	-1	-2	200,00	4	1	0	10
500,000	500,00	5	0	-1	500,00	4	1	0	10
800,001	800,00	4	0	-1	800,01	9	5	4	20
1 000,001	1 000,00	2	2	1	1 000,01	8	6	5	20
1 200,001	1 200,01	7	7	6	1 200,01	7	7	6	20
1 500,001	1 500,01	9	5	4	1 500,01	6	8	7	20
1 800,002	1 800,01	8	5	4	1 800,01	7	6	5	20
2 000,002	2 000,00	4	-1	-2	2 000,01	6	7	6	20
2 200,002	2 200,00	4	-1	-2	2 200,00	4	-1	-2	30

Donde:

I : Indicación de la balanza  
R : Lectura de la balanza posterior a la calibración (g)  
 $\Delta$ L : Carga adicional  
E : Error del instrumento  
Eo : Error en cero  
Ec : Error corregido

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

Lectura Corregida	:	$R_{\text{corregida}} = R - 6,84 \times 10^{-7} \times R$
Incetidumbre Expandida	:	$U_{95} = 2 \times \sqrt{2,87 \times 10^{-5} \text{ g}^2 + 1,09 \times 10^{-10} \times R^2}$

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.  
La indicación de la balanza fue de 2 198,98 g para una carga de valor nominal 2200 g.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



## C). Certificado de Calibración del Horno Gemmy

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**TC - 06447 - 2021**

Proforma : 2506A

Fecha de emisión : 2021-05-07

**SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.**

Dirección : Cal. La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martín De Porres

**EQUIPO** : HORNO  
Marca : GEMMY  
Modelo : YC0-010  
N° de Serie : 510847  
Procedencia : ALEMANIA  
Identificación : No Indica  
TIPO DE INDICADOR : DIGITAL  
Alcance : Tamb + 5 °C a 250 °C  
Resolución : 1 °C  
TIPO DE CONTROLADOR : DIGITAL  
Alcance : 0 °C a 250 °C  
Resolución : 1 °C  
Fecha de Calibración : 2021-04-26

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, 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.

#### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

#### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC- 018 "Procedimiento de calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

#### CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,6 °C	23,2 °C
Humedad Relativa	73,5 %hr	71,6 %hr
Voltaje	219 V	220 V

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316



TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de la SAT	Indicador digital con termopares tipo K con incertidumbres del orden desde 0,12 °C hasta 0,15 °C	LT-0263-2020
Patrones de Referencia de la SAT	Indicador digital con termopares tipo K con incertidumbres del orden desde 0,13 °C hasta 0,16 °C	LT-0264-2020
Patrones de Referencia de la SAT	Indicador digital con termopares tipo K con incertidumbres del orden desde 0,13 °C hasta 0,16 °C	LT-0265-2020

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Temperatura de Trabajo	Posición del Controlador	Tiempo de Calentamiento	Tiempo de Estabilización	Porcentaje de carga	Tipo de Carga / Muestra
110 °C ± 10 °C	110	30 min	60 min	30 %	MUESTRAS PIEDRAS

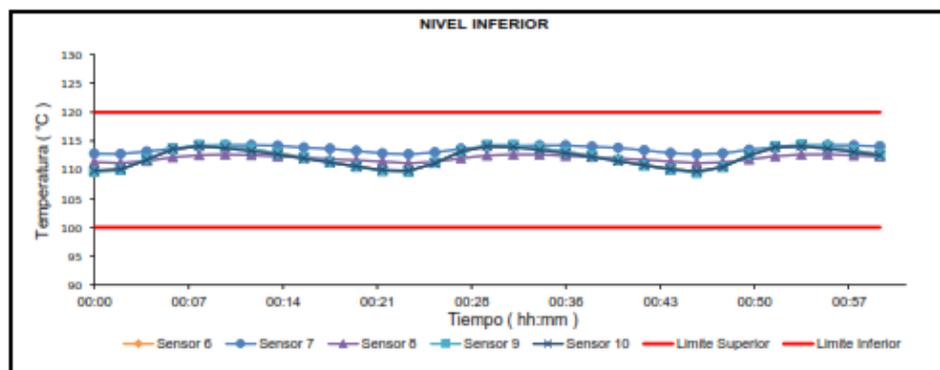
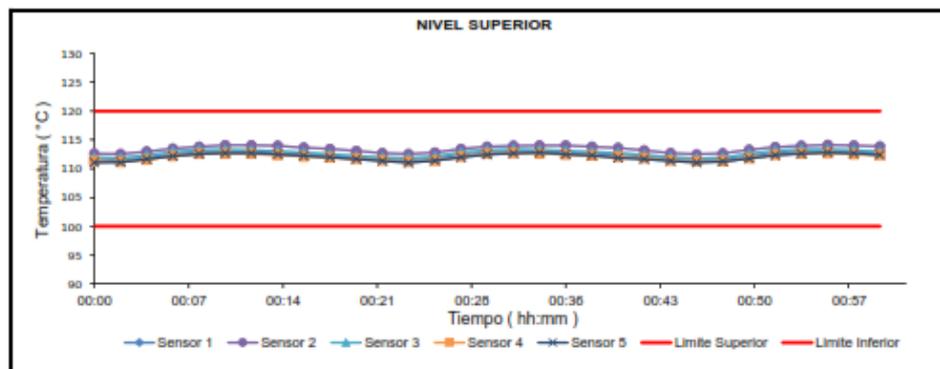
Tiempo (h:m:ms)	Termómetro Horno (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										T <sub>prom</sub> (°C)	T <sub>max</sub> - T <sub>min</sub> (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00:00	110	111,6	112,6	111,9	111,3	111,1	109,8	112,6	111,3	109,6	109,8	111,2	3,1
00:02	110	111,5	112,5	111,8	111,2	111,1	110,0	112,7	111,2	110,0	110,1	111,2	2,8
00:04	110	111,9	113,0	112,3	111,5	111,6	111,8	113,2	111,5	111,9	111,7	112,0	1,6
00:06	110	112,5	113,5	113,0	112,2	112,2	113,5	113,7	112,2	113,7	113,6	113,0	1,5
00:08	110	112,9	113,6	113,3	112,6	112,5	114,1	114,0	112,5	114,3	114,1	113,4	1,8
00:10	110	113,0	114,1	113,3	112,7	112,7	114,0	114,3	112,6	114,2	113,8	113,5	1,7
00:12	110	112,9	114,1	113,2	112,6	112,7	113,6	114,3	112,6	113,6	113,2	113,3	1,7
00:14	110	112,7	114,0	113,1	112,3	112,5	112,9	114,2	112,3	112,9	112,7	113,0	1,9
00:16	110	112,6	113,7	112,8	112,1	112,2	112,2	113,9	112,1	112,1	112,0	112,6	1,9
00:18	110	112,3	113,5	112,5	111,9	112,0	111,4	113,7	111,9	111,3	111,3	112,2	2,4
00:20	110	112,0	113,1	112,2	111,7	111,6	110,7	113,3	111,7	110,6	110,6	111,7	2,7
00:22	110	111,7	112,7	112,0	111,4	111,3	109,9	112,9	111,4	109,8	110,0	111,3	3,1
00:24	110	111,5	112,5	111,8	111,2	111,0	109,8	112,7	111,1	109,7	109,9	111,1	3,0
00:26	110	111,8	112,8	112,1	111,4	111,4	111,2	113,0	111,4	111,2	111,1	111,7	1,9
00:28	110	112,4	113,4	112,9	112,1	112,0	113,2	113,6	112,0	113,3	113,2	112,8	1,7
00:30	110	112,9	113,8	113,2	112,5	112,4	114,1	114,0	112,5	114,3	114,1	113,4	1,9
00:32	110	113,0	114,0	113,4	112,7	112,6	114,1	114,2	112,7	114,3	113,9	113,5	1,7
00:34	110	113,0	114,0	113,3	112,7	112,8	113,8	114,2	112,7	113,8	113,4	113,4	1,6
00:36	110	112,9	114,0	113,1	112,5	112,5	113,2	114,2	112,4	113,1	112,9	113,1	1,8
00:38	110	112,7	113,8	112,9	112,2	112,3	112,4	114,0	112,2	112,4	112,2	112,7	1,8
00:40	110	112,4	113,6	112,8	112,0	111,9	111,6	113,8	112,0	111,6	111,5	112,3	2,3
00:42	110	112,1	113,2	112,4	111,8	111,7	110,9	113,4	111,8	110,8	110,8	111,9	2,6
00:44	110	111,8	112,7	112,0	111,4	111,4	110,2	112,9	111,4	110,0	110,1	111,4	2,9
00:46	110	111,5	112,5	111,8	111,2	111,1	109,6	112,7	111,2	109,5	109,7	111,1	3,2
00:48	110	111,6	112,6	111,9	111,3	111,2	110,5	112,8	111,3	110,5	110,5	111,4	2,3
00:50	110	112,2	113,3	112,6	111,8	111,7	112,5	113,5	111,8	112,6	112,5	112,5	1,7
00:52	110	112,7	113,7	113,1	112,4	112,3	113,8	113,9	112,4	114,0	113,9	113,2	1,7
00:54	110	113,0	114,0	113,4	112,6	112,6	114,2	114,2	112,6	114,3	114,1	113,5	1,7
00:56	110	113,0	114,1	113,4	112,7	112,6	113,9	114,3	112,7	114,0	113,6	113,5	1,6
00:58	110	113,0	114,0	113,2	112,5	112,7	113,4	114,2	112,5	113,4	113,1	113,2	1,7
01:00	110	112,8	113,9	113,0	112,3	112,4	112,7	114,1	112,3	112,7	112,5	112,9	1,7
T. PROM	110,0	112,4	113,4	112,7	112,0	112,0	112,2	113,6	112,0	112,2	112,1	112,5	2,1
T. MAX	110,0	113,0	114,1	113,4	112,7	112,6	114,2	114,3	112,7	114,3	114,1	113,5	3,2
T. MIN	110,0	111,5	112,5	111,8	111,2	111,0	109,6	112,7	111,1	109,5	109,7	111,1	1,5
DTT	0,0	1,5	1,6	1,6	1,5	1,8	4,5	1,6	1,5	4,8	4,4	2,4	1,7



RESULTADOS DE MEDICIÓN

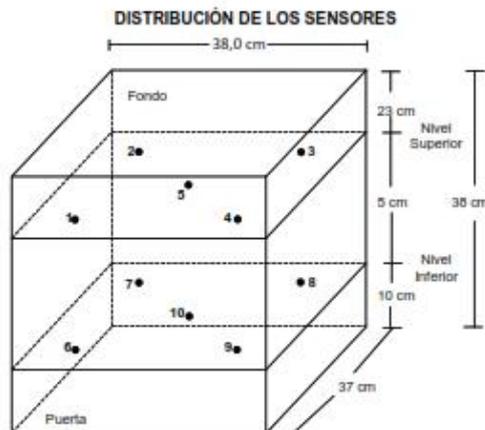
Parámetro	Valor ( °C )	Incertidumbre Expandida ( °C )
Máxima Temperatura Medida	114,3	0,5
Mínima Temperatura Medida	109,5	0,5
Desviación Temperatura en el Tiempo	4,8	0,1
Desviación Temperatura en el Espacio	1,6	0,2
Estabilidad Medida ( ± )	2,42	0,04
Uniformidad Medida	3,2	0,2

GRAFICO DE TEMPERATURA DE LOS SENSORES



Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isoterma CUMPLE con los límites especificados de temperatura.





FOTOGRAFÍA DEL MEDIO ISOTERMO



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.  
Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 15 cm por encima de la base.  
Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 10 cm por encima de la base.  
Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 5 cm de las paredes laterales y a 5 cm del frente y fondo del equipo.

#### OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

T. PROM: Promedio de las temperaturas en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

T prom: Promedio de las temperaturas en las doce posiciones de medición para un instante dado.

Tmax: Temperatura máxima.

Tmin: Temperatura mínima.

DTT: Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "**desviación de temperatura en el tiempo**" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "**desviación de temperatura en el espacio**" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio de Medio Isoterma: 1,2 °C

La Uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a  $\pm \frac{1}{2}$  máx. DTT.

#### INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura  $k=2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

## D). Certificado de Prensa CBR

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC-06445-2021

PROFORMA : 2506A

Fecha de emisión : 2021 - 05 - 06

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martín De Porres

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA CBR

Marca : NO INDICA  
Modelo : 315-X6  
N° Serie : HIW0190  
Intervalo de Indicación : 5000 kg  
Resolución : 0,1 kg  
Procedencia : No Indica  
Ubicación : Laboratorio  
Fecha de Calibración : 2021 - 04 - 26

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación indirecta utilizando patrones calibrados y trazables al sistema internacional de unidades.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	23,0 °C	23,2 °C
HUMEDAD RELATIVA	69,0%	70,0%

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

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.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
C.F.P. N° 0316



**TRAZABILIDAD**

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Balanza de Presión AEP Transducers	Celda de Carga ANYLOAD 30000 Kg	TC-0593-2021

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

Indicación del Equipo ( kg )	Lectura Convencionalmente Verdadera ( kg )	Error ( kg )	Incertidumbre ( kg )
500,0	487,0	-13,0	0,1
1000,0	975,0	-25,0	0,1
1500,0	1436,5	-63,5	0,1
2000,0	1944,0	-66,0	0,1
2500,0	2463,0	-77,0	0,1
3000,0	2964,5	-95,5	0,1
3500,0	3464,5	-114,5	0,1
4000,0	3944,0	-136,0	0,1
4500,0	4434,5	-164,5	0,1
5000,0	4945,3	-204,7	0,1

**OBSERVACIONES.**

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

**INCERTIDUMBRE**

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura  $k=2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



**Anexo 8.** Factura del pago realizado por los servicios de los Ensayos de Laboratorio.

23/4/2021

:: Factura Electronica - Impresion ::

<b>MTL GEOTECNIA S.A.C.</b> CAL. LA MADRID 264 ASC. LOS OLIVOS AV ANTUNEZ DE MAYOLO CON AV DANIEL ALCID SAN MARTIN DE PORRES - LIMA - LIMA		<b>FACTURA ELECTRONICA</b> <b>RUC: 20600375262</b> <b>E001-583</b>																								
Fecha de Vencimiento :																										
Fecha de Emisión :	<b>23/04/2021</b>																									
Señor(es) :	<b>GARCIA ONORBE ERIKA DEL PILAR</b>																									
RUC :	<b>10756551561</b>																									
Dirección del Cliente :	<b>AV. MALECON - A.V. CHILLON ETAPA V MZA. Q LOTE. 18 ALT DEL PUENTE BETANIA LIMA-LIMA-PUENTE PIEDRA</b>																									
Tipo de Moneda :	<b>SOLES</b>																									
Observación :	<b>OPERACION SUJETA AL 12% DE DETRACCION NUMERO DE CUENTA BANCO DE LA NACION:00-051-080424</b>																									
<b>Cantidad</b>	<b>Unidad Medida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>ICBPER</b>																						
3.00	UNIDAD	EXCAVACION DE CALICATAS 1.5M	120.00	0.00																						
3.00	UNIDAD	CLASIFICACION DE SUELOS (INCLUYE HUMEDAD, GRANULOMETRIA Y LIMITES)	100.00	0.00																						
6.00	UNIDAD	CBR (INCLUYE PROCTOR MODIFICADO)	350.00	0.00																						
1.00	UNIDAD	MOVILIDAD	80.00	0.00																						
Valor de Venta de Operaciones Gratuitas : S/ 0.00		<table border="1"> <tr> <td>Sub Total Ventas :</td> <td>S/ 2,840.00</td> </tr> <tr> <td>Anticipos :</td> <td>S/ 0.00</td> </tr> <tr> <td>Descuentos :</td> <td>S/ 0.00</td> </tr> <tr> <td>Valor Venta :</td> <td>S/ 2,840.00</td> </tr> <tr> <td>ISC :</td> <td>S/ 0.00</td> </tr> <tr> <td>IGV :</td> <td>S/ 511.20</td> </tr> <tr> <td>ICBPER :</td> <td>S/ 0.00</td> </tr> <tr> <td>Otros Cargos :</td> <td>S/ 0.00</td> </tr> <tr> <td>Otros Tributos :</td> <td>S/ 0.00</td> </tr> <tr> <td>Monto de redondeo :</td> <td>S/ 0.00</td> </tr> <tr> <td>Importe Total :</td> <td>S/ 3,351.20</td> </tr> </table>			Sub Total Ventas :	S/ 2,840.00	Anticipos :	S/ 0.00	Descuentos :	S/ 0.00	Valor Venta :	S/ 2,840.00	ISC :	S/ 0.00	IGV :	S/ 511.20	ICBPER :	S/ 0.00	Otros Cargos :	S/ 0.00	Otros Tributos :	S/ 0.00	Monto de redondeo :	S/ 0.00	Importe Total :	S/ 3,351.20
Sub Total Ventas :	S/ 2,840.00																									
Anticipos :	S/ 0.00																									
Descuentos :	S/ 0.00																									
Valor Venta :	S/ 2,840.00																									
ISC :	S/ 0.00																									
IGV :	S/ 511.20																									
ICBPER :	S/ 0.00																									
Otros Cargos :	S/ 0.00																									
Otros Tributos :	S/ 0.00																									
Monto de redondeo :	S/ 0.00																									
Importe Total :	S/ 3,351.20																									
<b>SON: TRES MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y UNO Y 20/100 SOLES</b>																										
Esta es una representación impresa de la factura electrónica, generada en el Sistema de SUNAT. Puede verificarla utilizando su clave SOL.																										