



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Incorporación de óxido de calcio y fibra de fique para el
mejoramiento de la sub rasante en el tramo Unión Leticia**

- Condorcocha, Junín, 2020

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

Taype Sanchez, Miguel (ORCID: 0000-0002-2060-8932)

Vega Cahuana, Kenny Groberth (ORCID: 0000-0003-1887-2176)

ASESOR:

Mg. Ing. Minaya Rosario, Carlos Danilo (ORCID: 0000-0002-0655-523X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2020

Dedicatoria

El presente proyecto de investigación está esencialmente dedicado a mi padre Mario y hermano Ronoel quienes me brindaron todo su apoyo de manera incondicional y su constante motivación para ejercer mi carrera a quienes les debo todo lo conseguido y los futuros logros. Por otro lado, a mi madre que desde el cielo ilumina mi sendero. Finalmente, a mi familia y todas esas grandes amistades que estuvieron en el proceso.

~Kenny Vega~

Esta tesis está dedicada principalmente a las dos personas más importantes en mi vida, mi padre Jesús y mi madre Antolina quienes con su sabiduría me formaron con valores, principios y el espíritu de perseverancia, en segundo lugar, a todos mis hermanos por sus consejos y constante motivación para ser la persona que soy en la actualidad, con miras a ser un gran profesional. Finalmente, a todos mis mejores amigos con los que ambicionamos ser mejores.

~Miguel Taype~

Agradecimiento

A Dios, quien se encargó de cuidar a nuestras familias en el difícil momento que atraviesa el país producto de la pandemia.

A todos nuestros docentes que compartieron sus conocimientos en el proceso académico.

Al Mg. Ing. Minaya Rosario Carlos Danilo asesor de tesis quien, con la constante orientación, motivación y recomendaciones hizo posible el desarrollo de esta investigación.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Resumen	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	16
3.2. Variables y operacionalización.....	17
3.3. Población, muestra y muestreo.....	18
3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos	20
3.5. Procedimientos.....	21
3.6. Método de análisis de datos	21
3.7. Aspectos éticos	22
IV. RESULTADOS	23
V. DISCUSIONES	57
VI. CONCLUSIONES	64
VII. RECOMENDACIONES.....	67
REFERENCIAS.....	69
ANEXOS	78

Índice de tablas

Tabla 1. Número de calicatas para exploración de suelo.	19
Tabla 2. Número de ensayos Mr y CBR.	19
Tabla 3. Límite de consistencia de cemento portland tipo I.	27
Tabla 4. Límite líquido con porcentaje de cemento portland tipo I.	27
Tabla 5. Límite líquido con óxido de calcio.	28
Tabla 6. Límite plástico con porcentaje de cemento portland tipo I.	28
Tabla 7. Límite plástico con óxido de calcio.	29
Tabla 8. Índice de plasticidad con porcentaje de cemento portland tipo I.	30
Tabla 9. Índice de plasticidad con óxido de calcio.	30
Tabla 10. Límite de consistencia de óxido de calcio.	31
Tabla 11. Ensayo de proctor modificado.	33
Tabla 12. Máxima densidad seca con porcentaje de cemento portland tipo I. ...	33
Tabla 13. Máxima densidad seca con óxido de calcio.	34
Tabla 14. Contenido de humedad con porcentaje de cemento portland tipo I. ..	34
Tabla 15. Contenido de humedad con óxido e calcio.	35
Tabla 16. Proctor modificado con óxido de calcio.	36
Tabla 17. Ensayo de CBR (California Bearing Ratio).	38
Tabla 18. CBR (California Bearing Ratio) con óxido de calcio.	38
Tabla 19. Resumen de los resultados del suelo natural.	40
Tabla 20. Resumen de los resultados del suelo con 2.5% de óxido de calcio.	40
Tabla 21. Resumen de los resultados del suelo con 3.5% de óxido de calcio.	40
Tabla 22. Resumen de los resultados del suelo con 4.5% de óxido de calcio.	41
Tabla 23. Límite de consistencia de ceniza de cascara de arroz.	41
Tabla 24. Límite líquido con porcentaje de ceniza de cascara de arroz.	42
Tabla 25. Límite líquido con ceniza de fibra de fique.	42
Tabla 26. Límite plástico con porcentaje de ceniza de cascara de arroz.	43
Tabla 27. Límite plástico con ceniza de fibra de fique.	44
Tabla 28. Índice de plasticidad con porcentaje de ceniza de cascara de arroz. .	44
Tabla 29. Índice de plasticidad con ceniza de fibra de fique.	45
Tabla 30. Límite de consistencia de ceniza de fibra de fique.	46
Tabla 31. Ensayo de proctor modificado.	48
Tabla 32. Máxima densidad seca con porcentaje de ceniza de cascara de arroz	48
Tabla 33. Máxima densidad seca con ceniza de fibra de fique.	49
Tabla 34. Contenido de humedad con porcentaje de ceniza de cascara de arroz.	49
Tabla 35. Contenido de humedad con ceniza de fibra de fique.	50
Tabla 36. Proctor modificado con ceniza de fibra de fique.	51
Tabla 37. Ensayo de CBR (California Bearing Ratio).	53
Tabla 38. CBR (California Bearing Ratio) con ceniza de fibra de fique.	54
Tabla 39. Resumen de los resultados del suelo natural.	55
Tabla 40. Resumen de los resultados del suelo con 4.5% de ceniza de fibra de fique.	55
Tabla 41. Resumen de los resultados del suelo con 6.5% de ceniza de fibra de fique.	56
Tabla 42. Resumen de los resultados del suelo con 8.5% de ceniza de fibra de fique.	56

Índice de figuras

Figura 1. Esquema de experimento y variable.....	16
Figura 2. Mapa del Departamento de Junín.....	23
Figura 3. Mapa de Provincia Tarma.....	24
Figura 4. Mapa del Distrito de la Unión Letecia.	25
Figura 5. Histograma límite líquido con óxido de calcio.....	28
Figura 6. Histograma de límite plástico con óxido de calcio.....	29
Figura 7. Histograma índice plasticidad con óxido de calcio.....	31
Figura 8. Histograma límite de consistencia de óxido de calcio.....	31
Figura 9. Diagrama de límite de consistencia de óxido de calcio.....	32
Figura 10. Histograma de máxima densidad seca con óxido de calcio.....	34
Figura 11. Histograma de contenido de humedad con óxido de calcio.....	36
Figura 12. Histograma de proctor modificado con óxido de calcio.....	36
Figura 13. Diagrama de proctor modificado con ceniza de fibra de fique.	37
Figura 14. Histograma de CBR con óxido de calcio.....	39
Figura 15. Histograma de CBR con óxido de calcio.....	39
Figura 16. Histograma límite líquido con ceniza de fibra de fique.....	43
Figura 17. Histograma de límite plástico con ceniza de fibra de fique.	44
Figura 18. Histograma índice de plasticidad con ceniza de fibra de fique.	46
Figura 19. Histograma de límite de consistencia de ceniza de fibra de fique.	46
Figura 20. Diagrama de límite de consistencia de ceniza de fibra de fique....	47
Figura 21. Histograma de máxima densidad seca con ceniza de fibra de fique.....	49
Figura 22. Histograma de contenido de humedad con ceniza de fibra de fique.....	51
Figura 23. Histograma de proctor modificado con ceniza de fibra de fique...51	
Figura 24. Diagrama de proctor modificado con ceniza de fibra de fique.....52	
Figura 25. Histograma de CBR ceniza de fibra de fique.54	
Figura 26. Histograma de CBR ceniza de fibra de fique.54	
Figura 27. Diagrama de límite de consistencia de óxido de calcio.57	
Figura 28. Diagrama de límite de consistencia de ceniza de fibra de fique....57	
Figura 29. Diagrama de óptimo contenido de humedad con óxido de calcio.	59
Figura 30. Diagrama de óptimo contenido de humedad con ceniza de fibra de fique.....	59
Figura 31. Histograma de CBR con óxido de calcio.....	61
Figura 32. Histograma de CBR con ceniza de fibra de fique.62	

Resumen

La presente tesis tuvo como objetivo principal determinar la influencia del óxido de calcio y ceniza de fibra de fique, con el empleo del 2.5%, 3.5%, 4.5% y 4.5 %, 6.5%, 8.5% respectivamente. De tal manera, que se vea un efecto en la sub rasante.

Asimismo, la tesis se desarrolló con el fin de implementar estos dos elementos y que cumplan con el desempeño en las propiedades físicas y mecánicas. En consecuencia, para los cálculos se empleó la interpolación, donde los objetivos específicos comprenden la plasticidad, compactación y resistencia.

De ello, para la plasticidad aplicando óxido de calcio redujo los porcentajes del suelo natural en 17.75%, 23.00%, 27.00% y para la ceniza de fibra de fique se redujo en 6.97%, 10.9%, 5.24% por otro lado, para la compactación tanto óxido de calcio y ceniza de fibra de fique aumentaron la densidad en 0.08 gr/cm³, 0.09 gr/cm³, 0.1 gr/cm³ y 0.02 gr/cm³, 0.04 gr/cm³, 0.01 gr/cm³ respectivamente, finalmente para la resistencia los porcentajes del suelo natural aumentaron en 5.45%, 8.26%, 12.26% y 2.22%, 4.40%, 2.05%

Finalmente, se concluyó que los dos elementos planteados, si mejoran las propiedades físicas y mecánicas de la sub rasante, donde el fin común es darle soporte las cargas ejercidos por los pavimentos.

Palabras clave: Plasticidad, compactación, resistencia, óxido de calcio, fique.

Abstract

The main objective of this thesis was to determine the influence of calcium oxide and fique fiber ash, with the use of 2.5%, 3.5%, 4.5% and 4.5%, 6.5%, 8.5% respectively. In such a way, that an effect is seen on the subgrade.

Likewise, the thesis was developed in order to implement these two elements and that they comply with the performance in physical and mechanical properties. Consequently, interpolation was used for the calculations, where the specific objectives include plasticity, compaction and resistance.

From this, for plasticity, applying calcium oxide reduced the percentages of natural soil by 17.75%, 23.00%, 27.00% and for fique fiber ash it was reduced by 6.97%, 10.9%, 5.24% on the other hand, for the Compaction of both calcium oxide and fique fiber ash increased the density by 0.08 gr/cm³, 0.09 gr/cm³, 0.1 gr/cm³ and 0.02 gr/cm³, 0.04 gr/cm³, 0.01 gr/cm³ respectively, finally for resistance the percentages of natural soil increased by 5.45%, 8.26%, 12.26% and 2.22%, 4.40%, 2.05%

Finally, it was concluded that the two elements proposed do improve the physical and mechanical properties of the subgrade, where the common purpose is to support the loads exerted by the pavements.

Key words: Plasticity, compaction, resistance, calcium oxide, fique.

I. INTRODUCCIÓN

La ingeniería vial ha sido participe de una serie de inconvenientes a lo largo de los años, una de las principales incidencias, son los ahuellamientos que se generan producto de la mala capacidad de soporte. Asimismo, los problemas ocasionados que relacionan a los suelos arcillosos en infraestructuras viales, se reconocen por primera vez a fines de la década de 1930. Desde allí, muchos países han estado informando derivaciones negativas de este tipo de suelo. Esto es causado por características alternas, de hinchamiento y contracción, como resultado en el cambio de contenido de humedad, esta se debe a la variación de lugar, clima, por orografía y el tipo de material parental a partir del cual se forma el suelo arcilloso.¹

También estos suelos expansivos se encontraron en gran parte del mundo. Además, existen en grandes cantidades en la parte Noreste de Nigeria. Relacionan diferentes desafíos debido a sus características de hinchazón extrema, disminución y pérdida de fuerzas numerosas.² El suelo expansivo ocupa aproximadamente el 20% de la superficie mundial y son capaces de humedecer grandes volúmenes, debido a la presencia de hidrosilicato de magnesio y aluminio en su mineralogía.³ De ello, países como Colombia, Nicaragua y la India, emplearon medios solutivos para combatir este problema. Asimismo, con el fin de innovar con productos que garanticen resultados favorables, se emplearon elementos estabilizantes como; ceniza de carbón, cal y caucho en polvo, consiguiendo resultados favorables en las propiedades mecánicas de la estructura del pavimento.

Por otro lado, a nivel nacional en carreteras interprovinciales del país, este es un problema que se ve reflejado en corto periodo de la vida útil en la vía. Consigo, trae que estas requieran de mantenimiento constante. Finalmente, terminen por convertirse en fundas económicas para las entidades, los especialistas en el campo de la geotecnia están encaminados en la constatare busca de alternativas de solución, estas deberán estar sujetas a restricciones como; viabilidad económica y bajos índices de contaminación. Por esa circunstancia, investigadores de los departamentos; Junín, Lambayeque y Cajamarca realizaron estudios para mejorar la sub rasante en suelos arcillosos. Incorporando como alternativa de solución el óxido de calcio, cloruro de magnesio y ceniza de cascara de arroz, donde se generó un aporte favorable a las propiedades de la sub rasante. Así mismo reduciendo el

índice de plasticidad e incrementando considerablemente el valor de soporte del CBR.⁴

Consecuentemente, en la zona de intervención se presentó la misma realidad, en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín. En invierno las precipitaciones pluviales fueron determinantes, ocasionando ahuellamientos, debido a los vehículos de carga pesada, aproximadamente en los 8 Km de intervalo entre estas dos zonas, para la tesis se incorporó como alternativa de solución, el óxido de calcio y la ceniza de fibra de fique. De este modo, lograr que mejoren las propiedades de la sub rasante. Finalmente, es importante que una infraestructura vial se encuentre en condiciones óptimas y que perduren en su vida útil. De esa manera, brinda una fluidez de tránsito y que las actividades tanto comerciales, turísticas y educativas, no se vean perjudicadas. Es por ello, que en la tesis se planteó el siguiente;

Problema General

¿Cuánto influyo la incorporación de óxido de calcio y ceniza de fibra de fique en las propiedades de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020?

Problemas específicos

- ¿Cuánto influyo el óxido de calcio y ceniza de fibra de fique en la plasticidad de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020?
- ¿Cuánto influyo el óxido de calcio y ceniza de fibra de fique en la compactación de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020?
- ¿Cuánto influyo el óxido de calcio y ceniza de fibra de fique en la resistencia de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020?

Hipótesis General

El óxido de calcio y ceniza de fibra de fique influyeron en las propiedades de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020.

Hipótesis Específicas

- El óxido de calcio y ceniza de fibra de fique disminuye la plasticidad de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020.

- El óxido de calcio y ceniza de fibra de fique aumenta la compactación de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020.
- El óxido de calcio y ceniza de fibra de fique aumenta la resistencia de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020.

Objetivo General

Determinar cuánto influyo la incorporación de óxido de calcio y ceniza de fibra de fique en las propiedades de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020.

Objetivos Específicos

- Determinar cuánto influyo la dosificación del 2.5%, 3.5%, 4.5% de óxido de calcio y 4.5%, 6.5%, 8.5% de ceniza de fibra de fique en la plasticidad de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020.
- Determinar cuánto influyo la dosificación del 2.5%, 3.5%, 4.5% de óxido de calcio y 4.5%, 6.5%, 8.5% de ceniza de fibra de fique en la compactación de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020.
- Determinar cuánto influyo la dosificación del 2.5%, 3.5%, 4.5% de óxido de calcio y 4.5%, 6.5%, 8.5% de ceniza de fibra de fique en la resistencia de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020.

Justificación

Para la justificación teórica, la tesis tuvo grado de importancia, porque nos brindó teorías relacionadas al tema. Asimismo, con autores que investigaron sobre el mejoramiento de la sub rasante. De ello, se pudo realizar una contrastación y comparación de resultados. De ese modo, dar veracidad a los resultados. Así también, para la justificación metodológica la tesis tuvo importancia porque en el proceso fueron requeridos instrumentos, como la recolección de datos de los diferentes repositorios universitarios, referencias bibliográficas. Así también, la participación del programa Excel para procesar los datos, consecuentemente realizar cuadros y gráficos que permitieron plasmar los datos y, de ese modo realizar la interpolación bajo las condiciones del análisis documental. Por otro lado, para la justificación práctica la tesis tuvo relevancia porque fue propicio dar una

solución a un problema existente en la sociedad, se propuso mejorar la capacidad de soporte de la sub rasante. Para ello, se tuvo que realizar diferentes interpolaciones para conseguir datos numéricos de la plasticidad, compactación, resistencia, en lo social la tesis propuso una solución a la vía de intervención, con el fin de mejorar las propiedades de la sub rasante. Así también, cuantificar el tiempo de viaje de los beneficiarios. Finalmente, en lo económico la tesis al emplear estos nuevos elementos, busco que sean más accesibles en materia económica a diferencia de los ya empleados en el mercado.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedente **nacional** tenemos a **Cuadros** (2017), en su tesis titulada ***“mejoramiento de las propiedades físico –mecánicas de la sub rasante en la vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio- 2016”*** para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la **Universidad Peruana los Andes**, tuvo como **objetivo** mejorar las propiedades físicas y mecánicas de una vía afirmada en la región Junín, aplicado óxido de calcio. La **metodología** fue experimental, debido que se aplicó un nuevo material. Por otro lado, la población fue de un tramo Tramo: C.P. Pariahuanca – C.P. Ojaro, con un total de 10.434 Km, se tomó como **muestra** calicatas tomadas a lo largo de la vía de la Ruta Departamental JU-108, Tramo: C.P. Pariahuanca – C.P. Ojaro en una longitud de 3.055 Km, el **resultado** que se tuvo en el ensayo del suelo patrón el Limite Liquido fue de 40.1%, el Limite Plástico de 21.9% y un Índice de Plasticidad de 19.1% sin embargo, al utilizar el óxido de calcio en 1%, 3%, 5% y 7% el 3% tuvo mejor efecto dando un LL 40.0%, LP de 35.8% y IP de 4.2% asimismo, para el ensayo de Proctor el suelo patrón tuvo una MDS del 1.67gr/cm³ y un OCH del 18.30% pero con la adición del 3% de óxido de calcio se tuvo una MDS del 1.57gr/cm³ y un OCH del 15.6%, finalmente para el ensayo de CBR al 95% el suelo patrón tuvo un resultado de 4.85% y al adicional los diferentes porcentajes de óxido de calcio, un vez más, el 3% volvió a ponderar por encima del 1%, 5% y 7% dando un CBR del 15.64%, se **concluyó** que al adicionar óxido de calcio en 1%, 3%, 5% y 7% el que mejor efecto tiene es el 3% y, se adecua como estabilizante.⁵

Llamoga (2017), dentro de su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil titulada ***“evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en sub rasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz, Cajamarca 2016”*** de la Universidad Privada del Norte, tuvo como **objetivo** general evaluar el potencial de expansión y la capacidad portante de suelos arcillosos usados en sub-rasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz en los porcentajes de 4%,7% y 10% la **metodología** fue experimental ya que se tuvo una situación de control en la cual se manipulo de manera intencional la variable independiente (Porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz). La **población** fue

constituida por el suelo arcilloso obtenida de la carretera que dirige al centro poblado de Yanamango y la **muestra** fue constituida por el suelo arcilloso obtenida de la carretera que dirige al centro poblado de Yanamango. el **resultado** que se tuvo en el ensayo del suelo patrón el Limite Liquido fue de 44.53%, Limite Plástico de 24.51% y un Índice de Plasticidad de 20.02% sin embargo, al utilizar la ceniza de cascara de arroz en 4%, 7% y 10% el 7% tuvo mejor efecto dando un LL 27.51%, LP de 19.38% y IP de 8.14% asimismo, para el ensayo de Proctor el suelo patrón tuvo una MDS del 1.72gr/cm³ y un OCH del 16.37% pero con la adición del 7% de ceniza de cascara de arroz se tuvo una MDS del 1.76gr/cm³ y un OCH del 17.87%, finalmente para el ensayo de CBR al 95% el suelo patrón tuvo un resultado de 2.85% y al adicional los diferentes porcentajes de ceniza de cascara de arroz, una vez más, el 7% volvió a ponderar por encima del 4% y 10%, dando un CBR de 7.8%, se **concluyó** que el 7% de ceniza de cascara de arroz se adecua más como un elemento estabilizante a diferencia del 4% y el 10%.⁶

Según **Palla** (2015), en su tesis titulada **“Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en la provincia de san Román”** de la **Universidad Nacional del Altiplano Puno**, tuvo como **objetivo** de investigación determinar cómo influye la cal en las propiedades físicas y mecánica en suelos plásticos. También elaboro una guía práctica para la estabilización del suelo, en vías de bajo tránsito vehicular, en la provincia de San Román. Fue un estudio de tipo experimental debido a que manipularon de manera intencional el material para lograr mejores resultados, la **población** de estudio estuvo constituida por canteras de suelos plásticos $IP \geq 12\%$ en la Provincia de San Román, la **muestra** fue de 2 calicatas con un total de 238 Kg, los **instrumentos** fueron; el contenido de la humedad, Límite de consistencia, la granulometría, ensayo de Proctor modificado y ensayo de C.B.R. de sus **resultados** obtuvieron que el límite que liquido máximo de 35% cumple para ambos casos, el LL se aminora y el LP aumenta. Consecuentemente el IP disminuye. El índice plástico del suelo sin adición no cumple para ambas canteras. Sin embargo, al adicionar cal en un 4% y 6% cumple para la cantera de chullunquiani. Así mismo para cantera de Taparachi con dosificaciones de 2%, 4% 6%. Se **concluyó** que la adicionar Cal como agente estabilizante, mejora las propiedades mecánicas del material en cantera. Para la

cantera número 1 Chullunquiani el porcentual óptimo para el C.B.R. es de 2%. Así mismo para la cantera numero 2 Taparachi el porcentual optimco es del 1%.⁷

Así también para **Gonzales** (2015), en su tesis titulada **“Determinación de la resistencia de la sub rasante incorporada cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 Mollepampa de Cajamarca, 2015”** de la **Universidad Privada del Norte**, tuvo como **objetivo** determinar la incorporación de cal al suelo natural en los porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%, éste aumenta su resistencia y disminuye su plasticidad. El tipo de la investigación fue experimental, debido a que manipularon de manera intencional el material para lograr mejores resultados, la **población** de estudio fue toda la sección de 14 Mollepampa, la **muestra** estaba conformado calle de Jr. 23 de Setiembre de 2 calicatas. Los **instrumentos** empleados fueron, el óptimo contenido de la humedad, Límite de atterberg, la granulometría, ensayo de Proctor modificado y ensayo de C.B.R. Obtuvieron como **resultados** que al insertar diferentes dosificaciones de cal tiene un incremento secuencialmente en 2%, 4%, 6% y 8% en la resistencias de sub rasante, el suelo natural con un porcentaje de 5.20% de C.B.R, al incorporar el 2% de cal tiene un C.B.R. de 5.30%, al incorporar el 4% de cal tiene un C.B.R. de 6.30%, al incorporar el 6% de cal tiene un C.B.R. de 7.20%, al incorporar el 8% de cal tiene un C.B.R. de 8.05%. Así mismo el índice de plasticidad de un suelo patrón es 11.26%, adhiriendo el 2% de Cal una índice plasticidad de 7.37%, adhiriendo el 4% de cal una índice plasticidad de 5.97%, adhiriendo el 6% de cal una índice plasticidad de 4.78%, adhiriendo el 8% de cal una índice plasticidad de 3.64%. Se **concluyó** que adicionando la cal en un suelo natural presenta cambios favorables, la validez de C.B.R. de suelo patrón es de 5.40% y con 8% de cal tuvo un incremento de un valor de 8.30%, respetando lo señalado por el Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, la sub rasante considerada pobre al incorporar la cal se recomendaría como un sub rasante regular.⁸

Gavilanes (2015), dentro de su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil titulada **“Estabilización y mejoramiento de sub-rasante mediante cal y cemento para obra vial en el sector de Santos Pamba barrio colinas del Sur”**, de la **Universidad Internacional del Ecuador**, cuyo **objetivo** general fue analizar y evaluar los efectos que produce la cal y cemento en diferentes dosificaciones. La

metodología fue de tipo experimental. La **población** fue conformada por toda la calle A de Barrio Colinas del Sur con 200 metros, la **muestra** fue de dos calicatas de 1m de profundidad. Los **resultados** fueron que al aplicar el 2% 4% 6% y 8% de cal, cemento respectivamente en las diferentes pruebas, el 4% y 6% dieron resultados favorables a diferencia del 2% y 8%. Se **concluyó** que, para el suelo de baja capacidad portante, es necesario estabilizarlo con cal, cemento, estos presentaron comportamientos favorables y que cumplieron con parámetros técnicos.⁹

Guamán (2016), dentro de su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil titulada “**estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio)**” de la **universidad Técnica de Ambato** de Ecuador, tuvo como **objetivo** principal analizar el comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado con componentes químicos (cal y cloruro de sodio). La **metodología** fue experimental, debido a que se deseaba realizar un estudio de la estabilización con cal y cloruro de sodio, y conocer el comportamiento del suelo. La **población** fue delimitada por las coordenadas UTM (WSG 84 Zona 18Sur) de 9834378.62 m N – 166326,61m E. Se tomó como **muestra** una calicata de 1 m³. Los **instrumentos** fueron Límites de Atterberg, Proctor, California Bearing Ratio (CBR). Los **resultados** fueron que al estabilizarlo con cal en 7,5% y 12,5% funcionan como estabilizantes, a diferencia del 2,5%. Por otro lado, el cloruro de sodio no funciona aplicando esos mismos porcentajes, todos se encontraron por debajo del 20% que es el admisible para CBR según Norma. Se **concluyó** que la cal tiene mejor porcentaje de aceptación con relación a la capacidad de soporte y cumple con los parámetros de Norma.¹⁰

Barragán, Cuervo (2019), en su investigación titulada “**análisis del comportamiento físico mecánico de la adición de ceniza de cascarilla de Arroz de la variedad. blanco a un suelo areno – arcilloso**” de la Universidad Piloto de Colombia Sección Alto Magdalena Girardot Cundinamarca, Colombia, tuvo como **objetivo general** analizar las propiedades que asocian la resistencia del suelo arcilloso con la integración de ceniza de cascarilla de arroz. La **metodología** fue de tipo experimental, **La población** fue delimitada en la ciudad de Girardot–Cundinamarca, con una **muestra** de 3 calicatas. Los **resultados** fueron que,

teniendo un suelo natural, se obtuvo que la MDS es de 1.726% y un OCH es de 19.7% por otro lado, con la adición del 1% de CCA se obtiene una MDS de 1.714 gr/cm³ y un OCH de 20.3%, finalmente, para el CBR del suelo natural a un 95% se obtuvo un 1%, por el contrario, con la adición del 1% de CCA se obtuvo 1.3% de CBR al 95% **concluyó** que la adición de la cascara de arroz en 1% mejoró las propiedades del suelo natural.¹¹

Morales (2015), en su tesis titulada *“Assessment of Coal ash for soil stabilization by alkaline activation and its use on unpaved roads”*. Trabajo para optar el título de Ingeniería Civil en la **Universidad de Medellín** de Colombia. En este trabajo realizado tiene como **objetivo** general evaluar el efecto de comportamiento mecánico del suelo, utilizando ceniza de carbón. Fue un estudio de tipo explicativo. Con una **muestra** en diferentes dosificaciones de 7%, 14% y 21% para determinar las mejores condiciones para el tránsito en las vías no pavimentadas. Los instrumentos empleados son: ensayo de proctor modificado, CBR, límite plástico, límite líquido y laboratorio de granulometría. Como **resultado** usaron el 21% de CC, la densidad máxima sufrió una disminución 3.4% con relación al suelo natural, y la humedad óptima se determinó una disminución en 5 puntos porcentuales. Además, con el uso de 7% y 14% de CC se presenta una igualdad de densidad máxima que la humedad óptima. También, con una disminución de la densidad máxima del 7.45% y un incremento de humedad óptima de 2.5 puntos porcentuales respecto al suelo natural. Se **concluyó**, que tipo de suelo intervenido se obtuvo resultados favorables. Donde, la mezcla de arcilla con ceniza de carbón tiene una concentración de NaOH de 3.5, obteniendo los mejores resultados a una humedad mayor al 95% cuando se somete a una temperatura de 40°C y 50°C llegando a 270 kPa.¹²

Para **Altamirano** (2015), en su tesis titulada *“Stabilization of Cohesive Soils by Means of Lime in The Roads of the San Isidro Del Pegón Community, Potosí Municipality – Rivas”*. Trabajo para optar el título de Ingeniería Civil en la Facultad de Ciencia e Ingeniería de la **Universidad Nacional Autónoma** de Nicaragua. Esta investigación tuvo como **objetivo** general, estabilizar suelos arcillosos con Cal, en las carreteras de la comunidad de San Isidro del Pegón. La comunidad está ubicada en el municipio de Potosí, departamento de Rivas. Para ello fue determinar

sus pertenencias físicas y mecánicas a través del estudio de campo y pruebas de ensayo, basado en las Normas de ASTM y AASHTO. Los **resultados** se determinaron en diferentes porcentajes, con dosificación de Cal 3%, 6%, 9% y 12%. Por lo tanto, al determinar las propiedades con porcentajes, se adquirió un incremento significativo en términos de plasticidad y compactación de densidad. Además, aumento el óptimo contenido de humedad requerida en el ensayo, adecuado a la oposición exotérmica que ocasiona en la cal y la arcilla. Así mismo, se aumentó eficientemente la capacidad portante de suelo. Se **concluyó** que al agregar la Cal 9% da un resultado aceptable para la estabilización obteniendo mejores condiciones en las propiedades de suelo.¹³

Por su parte **Ankit** (2016), en su tesis titulada ***“Study of the shear force adding lime and fly ash of carbon in the soils of Yamuna”***, realizada en **Advance Engineering and investigation University**, la cual tuvo como **objetivo** principal implementar la combinación de cenizas y cal para mejorar la capacidad portante y el esfuerzo cortante de suelos arenosos de la región Yamuna, India. Fue un estudio de tipo experimental debido a que manipularon de manera intencional el material para lograr mejores resultados. Los **instrumentos** que se emplearon en el laboratorio de suelo con los parámetros geológicos como: la máxima densidad seca, la cohesión, la gravedad específica y el ángulo de fricción esto fue empleado mediante el ensayo de triaxial y el ensayo de resistencia de corte. **Resultados**, estos ensayos se realizaron a las muestras del suelo arenoso en estado natural. Así también a la mezcla con ceniza en distintas dosificaciones de 8% de Cal y 10%, 15% y 20% ceniza de volante, después de haberse ejecutado estas pruebas que la mezcla de 8% de cal y 15% de ceniza de volante de carbón dio un mejor resultado para la estabilización del suelo, se **concluyó** que entre los ensayos de corte directo manifiesta el incrementó de la cohesión de 0 a 13.4 kPa y el ángulo de fricción de 34° a 39.8° con este resultado indica un aumento de la capacidad portante de los suelos arenosos.¹⁴

Mamadou y Yesim (2019), en su artículo científico ***“Stabilization of clay soils using fly ash”*** de la **Universidad de Bursa Uludağ** de Turquía, cuyo **objetivo** fue mejorar la resistencia del suelo arcilloso y aumentar su resistencia al ablandamiento por agua y hacerlo adecuado para proyectos de ingeniería con cal y cenizas

volantes. La **metodología** fue experimental, con una **muestra** de diferentes proporciones 2% de cal y 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% de cenizas volantes. Obtuvo como **resultado** de los ensayos el LL 51.80%, LP 29.10% y IP 22.70% del suelo patrón y al adicionar el 2% de cal y 5% de cenizas volantes, el LL disminuye a 49.22%, el LP incrementa a 39.20% y IP disminuye a 10.02%, el 2% de cal y 10% de cenizas volantes, el LL disminuye a 48.96%, el LP incrementa a 41.32% y IP disminuye a 7.64%, el 2% de cal y 15% de cenizas volantes, el LL disminuye a 48.32%, el LP incrementa a 44.50% y IP disminuye a 3.82% y después añadiendo 2% de cal y más de 15% de cenizas volantes el suelo perdió completamente su plasticidad. por otro lado, la densidad seca máxima disminuye de 1.53 tn/m³ a 1.42 tn/m³ y el contenido óptimo de agua aumenta del 23.6% al 26% donde **concluyó** el efecto del 2% de cal y diferentes porcentajes de cenizas volantes en un suelo arcilloso de alta plasticidad, después de agregar 2% de cal y 15% de las cenizas volantes, el suelo perdió su plasticidad y se volvió suelo no plástico, por lo tanto, hay beneficios económicos y ambientales del uso de cenizas volantes en la estabilización de suelos arcillosos.¹⁵

Sin embargo, para **Ricardo, Buenaventura y Ortiz** (2016), en su artículo científico titulado "***Stabilization of a Clayey Soil through the use of Cuesco Ash African palm and lime***". Publicado por la **International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering** de la **Universidad Nacional de Colombia**, cuyo **objetivo** principal para su trabajo era estudiar propiedades mecánicas e hidráulicas, bajo las cláusulas controladas de la temperatura, humedad relativa y periodo de curado de las propiedades de una superficie arcillosa estabilizado natural de la jurisdicción de Vichada. Dado que el material no cumple con exigencia para la ejecución de carretera y las circunstancias climáticas de la región; es obligatorio que se reemplace el material al corto plazo de emplazado, dada la pérdida de la cabida de soporte del terreno, puesto que existe una presencia de agua. Se realizó la respectiva estabilización mediante una adición de 7.5% ceniza de cuesco de palma africana y 4% de cal. Este estudio busca dar una solución ambiental y a la vez económicamente factible al utilizar en los suelos arcillosos y la escoria excesiva del proceso del producto de la palma africana para la realización, ejecución de la malla vial.¹⁶

Leite, Cardoso, Cardoso, Cavalcante y Freitas (2016), En su artículo científico titulado *“lime stabilization of expansive soil from Sergipe - Brazil”* de la **Universidad Federal de Sergipe** de Brasil, cuyo **Objetivo** general fue reducir el hinchamiento y determinar el comportamiento mecánico del suelo expansivo al incrementar cal. La **metodología** empleada fue experimental, con una **muestra** de diferentes dosificaciones 3%, 6% y 9%. Los resultados de los ensayos de tamices e hidrómetros en un suelo natural revelaron un predominio de partículas finas (aproximadamente el 94% era más fino que el tamiz #200) y el contenido de arcilla de alrededor de 38%. Así mismos, los valores de límite líquido y límite plástico de suelo natural fueron 57% y 23% respectivamente, lo que da como resultado un índice de plasticidad de 34%. Cuando se agregó el 3% de cal disminuyó el índice de plasticidad significativamente (a casi la mitad), hubo una ligera disminución de límite líquido y el límite plástico. Sin embargo, al utilizar mayor porcentaje de cal no cambia el LP y IP. Por otro lado, los **resultados** de prueba de compactación realizados en un suelo natural y mezcla de suelo-cal hubo una reducción proporcionalmente al porcentaje de cal en el peso unitario seco máximo en el rango de 16.87 KN/m³ a 15.90 KN/m³ y un incremento del contenido óptimo de agua aumento de 17.9% al 21.2%. finalmente, las pruebas realizadas de hinchamiento libre en suelo natural y mezcla de suelo-cal al tiempo de curado de siete días, el potencial de hinchamiento se redujo significativamente cuando la cal se mezcla con suelo expansivo. Se puede observar que al agregar un 3% de cal, el porcentaje de hinchamiento disminuyó del 20% a aproximadamente el 1.85%. Agregando el contenido de cal de 6% y 9% presentaron cercano a 1% a 0.5% respectivamente los cuales están debajo de los límites impuestos por Brasil para sub rasante donde las pruebas realizado en suelo natural tardaron seis días en completarse. Por otro lado, los resultados finales de mezcla de cal se obtuvieron después de 2 días donde **concluyó** que el índice de plasticidad de suelo redujo significativamente con la adición de cal, debido una ligera disminución del límite líquido y un expresivo aumento del límite plástico. Así mismo provocó una disminución drástica del potencial de hinchamiento de 20% a 1.85%, 1.0% y 0.5% mientras tanto la presión de oleaje redujo de 200 kPa a 37 kPa, 32 kPa y 23 kPa.¹⁷

Sub rasante: Es el perímetro de las terracerías, es la línea del área de rodamiento, en general es semejante y queda sobre ella. Por lo que se encuentra formada por

una secuencia de líneas rectas con sus respectivas pendientes, unidas de una pendiente a otra por curvas verticales tangentes a ellas. Con referencia al suelo se define que las propiedades físicas que tienen más relevancia son la granulometría, límite Atterberg, límite de densidad, límite de humedad.

Con respecto a la rigidez tenemos en cuenta al tipo de elasticidad y CBR; y las cualidades hidráulicas que son de suma importancia ya que nos permitirán evaluar la permeabilidad, el coeficiente de drenaje y expansión.¹⁸ Para todo grupo de propiedades se manifiesta un tipo de piso, sus propiedades físicas requieren de ingredientes, estos se valoran por indagación óptica o percepción, para esto se utiliza un prototipo con (dimensiones, resistencia, magnitud). De la misma manera, se integran los tres estados de la materia heterogéneos, las cuantías referentes de estos materiales actuales requieren suficiente del volumen de la atadura entre los átomos consistentes. En conclusión, los adicionales de partículas diminutas suelen ser muy diferentes de los que componen de partículas enormes, a tal punto que la contextura del terreno como la organización afecta en la grandeza del cuerpo de poros y en la división del mismo.¹⁹

Existen cuatro tipos principales de suelos: grava, arena, limo y arcillas. La mayor parte de los suelos están compuestos de una mixtura de dos o más elementos, además pueden contener materia orgánica parcial o completamente en descomposición.²⁰ Por otro lado, para la clasificación de los suelos, Aún no se encuentra un procedimiento de agrupación. Así mismo, se precisó a que las superficies no son una asociación restringido en campo, sino que son un todo persistente que se dispersa a todo rumbo.²¹ Los métodos de distribución de suelos definidos en distintos periodos se pueden conjuntar en: los que se fundamentan como causantes de la naturaleza, los que determinan el suelo acorde a la técnica de modificación y las consideradas propiedades del suelo y los vinculan con su creación. Los primeros son los sistemas más primitivos y los últimos se organizan de forma jerarquizada (cuantitativa o ecológicamente).²²

Óxido de calcio: La primera variable independiente, el óxido de calcio. es un material calcinado de rocas calizas a una temperatura entre 800 y 950 °C. La incorporación de cal, en los suelos cohesivos arcillosos de la sub rasantes,

recubrimiento, sub-base y base, porque tiene distintas propiedades que incrementa en su LL y a la vez aumenta en su LP.²³ Por ende, genera una reducción en su IP; mejorando la consistencia volumétrica de los tangibles adherente y CBR. Así mismo, la estabilización con mezcla suelo – cal. Principalmente las dosificaciones de cal aplicados en una consolidación de suelo varían en un 8% en peso. De tal manera, que este material tenga un resultado adecuado. Un requerimiento del suelo es que tenga plasticidad ($IP > 10$), y se pueda obtener así la acción puzolánica, que aglomerara apropiadamente las partes de suelos.²⁴ Además, el uso de la cal mejora las propiedades de terreno con plasticidad, separadamente de alcanzar ese propósito, incrementa aun su capacidad a la compresión a la función del periodo. Así mismo, el suelo-cal obtiene la oposición química de los iones calcio y los minerales de los suelos cohesivos, que poco a poco consiguen la resistencia. En caso de suelos cohesivos con exceso de humedad, al aumentar el óxido calcio reduce el porcentaje de agua por la composición. Así mismo, en aporte del 1% de cal viva puede reducir la cantidad de contenido de humedad de suelo en un 4 o 5% - si a ello incrementamos el producto de ventilación y un mezclado de un material derivado de un préstamo, el resultado puede presentar una reducir al 7% el mejoramiento de suelo arcilloso con cal viva o hidratada.²⁵

Ceniza de fibra de fique: Es un vegetal típico de occidentes andinos. Además, tiene múltiples usos, el fique es una especie de planta endémico del país, se produce en la costa y sierra del Perú, crece desde los 1400 - los 3500 msnm.²⁶ Para la tesis inicialmente se debe contar con esta materia en su forma selecta (fibra), para posteriormente ser quemada y poder realizar los ensayos como plasticidad, compactación y resistencia, de tal manera que se logre comprobar la efectividad de este elemento, los porcentajes a utilizar serán del 4.5%, 6.5% y 8.5%.

Cemento Portland Tipo I: es un material normal de mezcla de materias seleccionadas, extraídas, proporcionadas y calcinadas a una temperatura de 1350 a 1450 °C donde se forma el Clinker portland adicionando caliza y arcilla, para logra una composición química requerida. El cemento tiene componente que permite cerrar fragmentos o masas de materiales, se comprende como elemento cementante.²⁷ La estabilización de suelo mediante la adición de cemento portland tiene un proceso en el cual generalmente tiende a producir un cambio en las

propiedades físicas y mecánicas de suelo natural, el proceso consiste en agregar el cemento portland a un suelo previamente pulverizado para que la mezcla se endurezca por la hidratación del cemento.²⁸

Ceniza de cascarilla de arroz: La cascarilla de arroz es el mayor residuo resultante de la producción agrícola de granos, este material de desecho agrícola constituye alrededor del 20% de la producción mundial de arroz, como consecuencia de esta producción se obtiene cerca de 400000 toneladas de cascarilla de arroz como residuo, las cuales mediante un proceso de quema controlada dan origen a cerca de 100000 toneladas de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) con un alto contenido de sílice, convirtiéndose así, en una alternativa potencial para su uso en la industria de la construcción gracias a sus características puzolánicas y su alta disponibilidad alrededor del mundo.²⁹

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo:

Una investigación es del tipo aplicada cuando pretende descubrir aportes técnicos, con fines de obtener mejores conocimientos. Así también uno de los objetivos es el de conocer, actuar, construir y de modificar algo existente de forma concreta.³⁰ Entonces, se tomó para la tesis el tipo aplicada debido a que el objetivo es buscar una solución específica a un problema de la sub rasante con la adición de dos elementos tanto químico y natural.

Diseño de investigación:

“los diseños **cuasi experimentales** consisten en manipular una variable independiente con el fin de observar el efecto que representa sobre las variables dependientes”.^[31]

En consecuencia, la tesis se sostuvo bajo el diseño **cuasi experimental** debido a que se manipularon las variables independientes para ver el efecto en la variable dependiente.

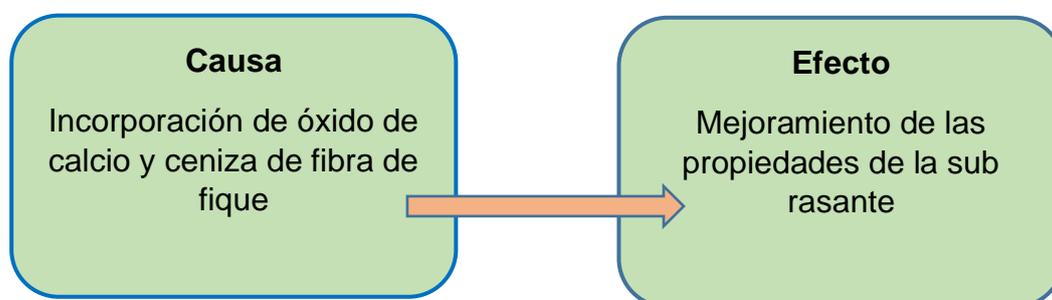


Figura 1. Esquema de experimento y variable.

Fuente: elaboración propia, 2020.

Tipo de investigación de acuerdo al enfoque:

El enfoque cuantitativo se basa en la recolección de datos para probar la hipótesis con base a la medición numérica y el análisis estadístico, con el objetivo de establecer pautas de comportamiento y probar teorías.³²

La tesis se basó en la hipótesis planteada, que cuenta con una muestra de una determinada población, la cual fue investigada como objeto de estudio. Así mismo,

se utilizó la recolección y análisis de datos. De ese modo, medirla de manera numérica.

3.2. Variables y operacionalización

Variabes: Las variables se definen como factores que se pueden medir y manipular, a través de ellas conocer la realidad de hechos o fenómenos, se clasifican por la relación entre las variables independientes, variables dependientes y de la misma manera, por su naturaleza de medición en variables cuantitativas y variables cualitativas.³³

Variable independiente: Óxido de calcio

La incorporación de óxido de calcio se definió como la variable independiente, debido a que esta se agrega en 2.5%, 3.5% y 4.5% para obtener efectos en la variable dependiente sub rasante.

Variable independiente: Ceniza de fibra de fique

Del mismo modo, la incorporación de la ceniza de fibra de fique se definió como la variable independiente, debido a que esta se agrega en 4.5%, 6.5% y 8.5% para obtener efectos en la variable dependiente sub rasante.

Variable dependiente: Sub rasante

Así también, se definió a la sub rasante como la variable dependiente, debido a que su resultado o efecto dependerá de las variables independientes óxido de calcio y ceniza de fibra de fique.

Operacionalización

Se define como el proceso de una investigación, puntualiza el detalle en que las variables serán medidas para responder la hipótesis general y específicas, para tal fin se debe descomponer en dimensiones e indicadores, a las variables.³⁴

En resumen, se deseó conocer el efecto de las variables independientes óxido de calcio y ceniza de fibra de fique con los porcentajes del 2.5%, 3.5%, 4.5% y 4.5%, 6.5%, 8.5% respectivamente, de ese modo saber el efecto en las propiedades físicas y mecánicas de la variable dependiente sub rasante, con ello contrastar la

hipótesis general y las específicas. En consecuencia, se realizaron dos matrices, tanto la operacional y de consistencia que se encuentran anexadas.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Es un grupo de personas, animales u objetos del cual se desea saber en una investigación y de esta manera conocer sus datos específicos.³⁵

La población para la tesis fue delimitada por el tramo JU-534 de la carretera entre Unión Leticia- Condorcocha, de la cual se consideran todas las calicatas requeridas para el estudio.

Muestra

La muestra es un sub conjunto que representa a la población, debido a que representa fielmente a la población. A este grupo o número de muestras se le realiza distintos procedimientos para determinar la representación de la población.³⁶ Por otro lado, se define como un subgrupo del universo representativo que se desea investigar y sobre el cual se recolectan datos, además estos deben ser representativos, adecuados y validos de la población.³⁷

Las equivocaciones que se cometen al expresar conceptos sobre la muestra, es el de hacer mención, que la muestra es parte de la población por ser esta pequeña. Sin duda dicha afirmación es absurda, debido a que la muestra es una porción del todo, pero no puede ser el todo. Entonces la muestra es un fragmento de la población, donde está, cuenta con características necesarias para realizar una investigación. así también, ser suficientemente evidente para que no exista errores.³⁸

El manual del MTC, indica que como mínimo se debe realizar 2 calicatas por kilómetro para carreteras de tercera clase con un IMDA entre 400 – 201 veh/día, para una calzada de dos carriles, se encuentra entre las localidades Unión Leticia – Condorcocha. Así también, para realiza un CBR se requiere de 2 km. Entonces, para la tesis se tomó como **muestra 2 km y 4 calicatas**, en la siguiente figura se aprecian los valores:

Tabla 1. Número de calicatas para exploración de suelo.

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

Fuente. Manual de ensayo de materiales del MTC, 2014.

Tabla 2. Número de ensayos Mr y CBR.

Tipo de Carretera	N° Mr y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 1 km se realizará un CBR
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 1.5 km se realizará un CBR
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 2 km se realizará un CBR
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente. Manual de ensayo de materiales del MTC, 2014.

Muestreo

La investigación es de muestreo no probabilístico cuando el investigador selecciona la muestra según el criterio, a razones de comodidad, al realizar este muestreo supone que es demasiado costoso o toma mucho tiempo.³⁹ Así mismo, señala que “el muestreo se define como la técnica mediante el cual se calcula la muestra de la población”. [40]

En consecuencia, la tesis tomo el tipo no probabilístico debido a que las muestras fueron delimitadas por el investigador. Debido a que no se escogió al azar, se tuvo delimitada la zona más afectada, con el fin de saber el mejoramiento de la sub rasante con la incorporación de óxido de calcio y ceniza de fibra de fique.

3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos

Retrospectivo

En este proyecto de investigación se compara a dos grupos de estudio: aquellos que fueron realizados con una causa (óxido de calcio y ceniza de fibra de fique = variable independiente) y un efecto (mejoramiento de la sub rasante = variable dependiente) y otro grupo, en muy similar condición, pero que no pueden ser realizados, pero si comparados (análisis documental) por tener una similar o igual condición experimental.

Así mismo, el método del análisis documental, el cual, nos dio la oportunidad de obtener datos mediante el acceso a la información de los ensayos realizados de otras tesis con antecedentes de mejoramiento de la sub rasante, los cuales se recolectaron de los repositorios de las Universidades que cuentan con la carrera de ingeniería civil a nivel nacional e internacional; adema, se llegó a obtener la teoría del mejoramiento de la sub rasante en los artículos científicos, los cuales se encontraron en las páginas web de las revistas de investigación on-line.

Instrumentos

"Los instrumentos se definen como materiales que se emplean para la recolección y guardar los datos y estas se clasifican en entrevistas, encuestas y de observación". [41]

Validez

Se refiere al valor en que el instrumento seleccionado para la investigación mide realmente la variable que se busca medir.⁴²

El proyecto de investigación tiene un marco legal. Los procesos tienen bases confiables. Para ello, se hizo una búsqueda de tesis en los repositorios de las universidades, similares a nuestra variable para poder sacar los resultados y comparar.

Confiabilidad

Por confiabilidad también se puede entender que es el grado en que, al aplicar un instrumento en repetidas ocasiones al mismo elemento en condiciones semejantes, esta produce el mismo efecto.⁴³

Para la confiabilidad de nuestros resultados, nos afianzaremos en que los programas se encuentren configurados.

3.5. Procedimientos

Se realizó una búsqueda de las tesis referentes a nuestra investigación por nuestra técnica documental, en base a las condiciones similares (tipo de suelo, tipo de aditivo, tipo de ensayo, similar altitud y similar lugar). posteriormente obtener sus datos mediante la Interpolación respetando los aportes de los autores; para luego, poder realizar nuestros propios análisis de resultados, los mismos serán presentados en las tablas y gráficos dinámicos.

3.6. Método de análisis de datos

Los procesos que se realizó en este proyecto de investigación, para la selección de datos se ejecutó mediante la comparación a dos grupos de investigación, el primer grupo que fue desarrollado con una causa y efecto, contra otro grupo, en muy similar condición, pero que no podrá ser realizado, pero si hacer una comparación (análisis documental); permitiendo recolectar apuntes de sus resultados del primero en forma de datos interpolados y asemejar a una posible solución, se tiene un similar antecedente e igual condición experimental.

3.7. Aspectos éticos

Como investigadores tomamos la veracidad como papel importante, respetando las normas internacionales ISO, que estos sean el fiel reflejo de la realidad, sin pretensión de alterarlas. así también la veracidad de las fuentes de información como; artículos científicos, tesis, libros, revistas, etc. que se encuentra citadas bajo normas con las respectivas resoluciones, los cuales al final serán comparados por la herramienta web Turnitin.

IV. RESULTADOS

4.1 Descripción de la zona de estudio

Nombre de la tesis:

“Incorporación de óxido de calcio y fibra de fique para el mejoramiento de la subrasante en el tramo La Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020”

Ubicación y descripción del área del estudio:

El proyecto de estudio se encuentra en el departamento de Junín, provincia de Tarma y distrito La Unión Leticia, básicamente beneficia el tramo de Unión Leticia hasta centro poblado de Condorcocha que consta de 8 km.

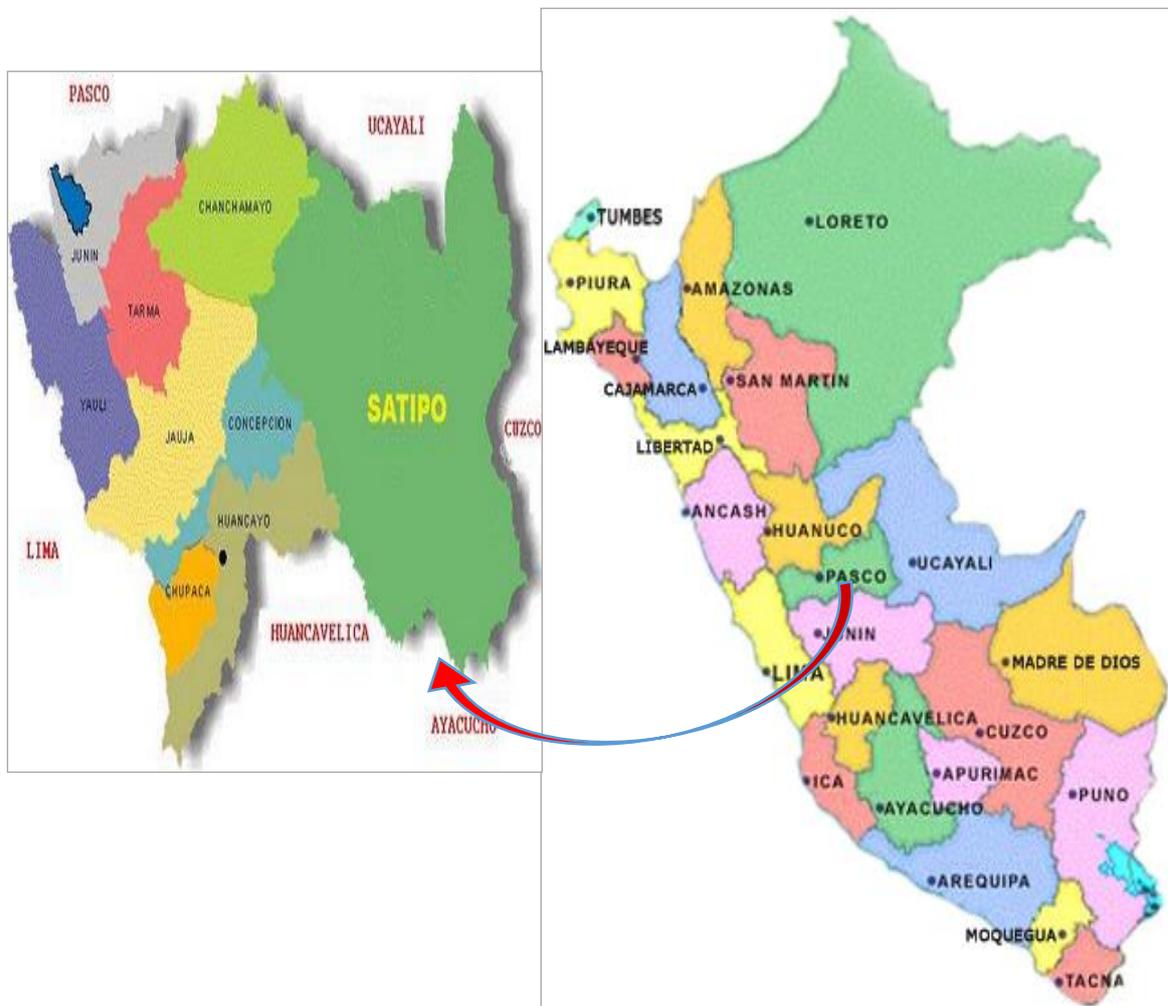


Figura 2. Mapa del Departamento de Junín
Fuente. Google maps, 2020.

Ubicación del proyecto:

|Distrito La Unión Leticia – C.P. Condorcocha.

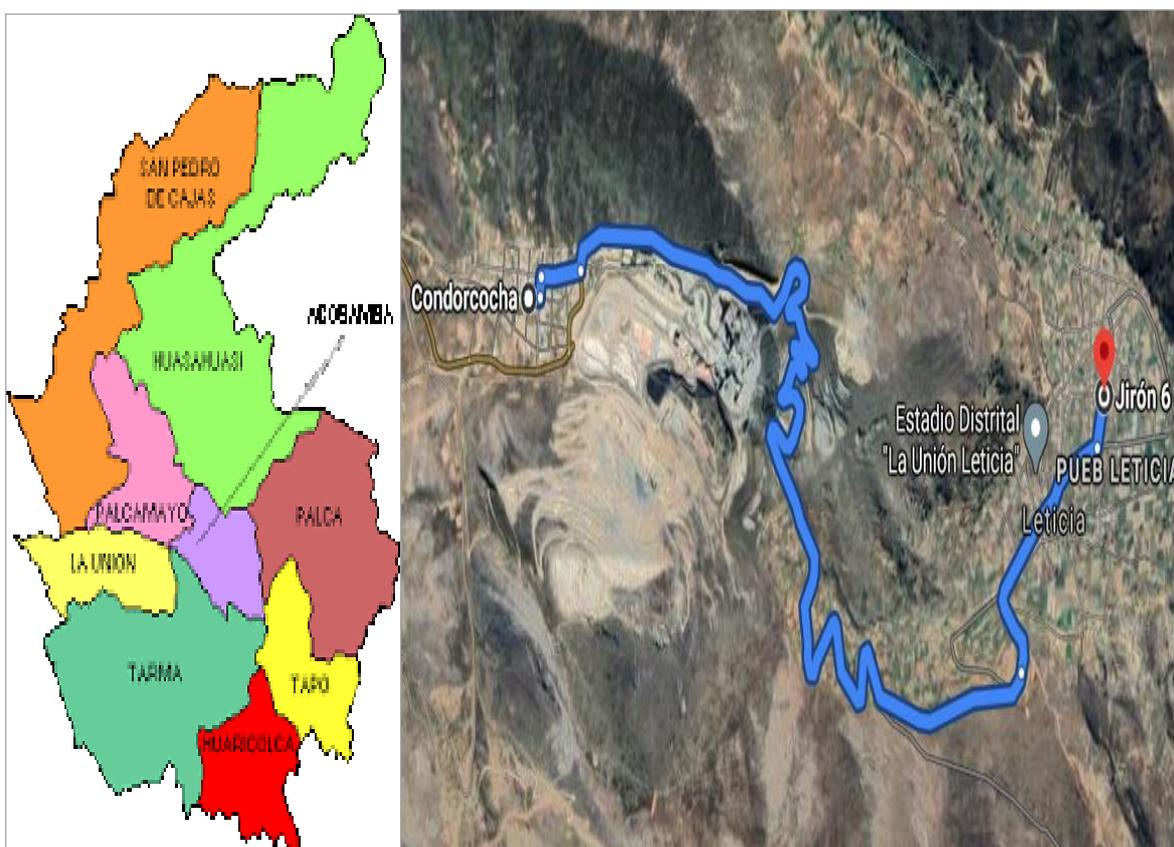


Figura 3. Mapa de Provincia Tarma.
Fuente. Google maps, 2020.

Ubicación Geográfica:

El Distrito La Unión Leticia se encuentra ubicado al Nor Occidental de la provincia de Tarma, departamento de Junin. colinda por el Norte con los distritos de San Pedro de Cajas, Palcamayo y Acobamba. Así mismo, por el Sur con el Distrito de Tarma, por el Este con los Distritos de Tarma y Acobamba y por el Oeste con el Distrito de San Pedro de Cajas y la Provincia de Yauli La Oroya. Geográficamente se encuentra ubicado entre los paralelos,

- Latitud de 11°21'09" S
- Longitud 75°44'12" O
- Altitud de 3450 m.s.n.m.



Figura 4. Mapa del Distrito de la Unión Leticia.
Fuente. Google maps, 2020.

- **Extensión:** Tiene una extensión de 254.00 km²
- **Población:** Población estimada de 5,600.00 Habitantes
- **Tiene 8 anexos:** Condorcocha, Cyuruhuasi, Casampa, Mayoc, Pumacocha, Nanapa, Cari y Limapuquio.
- **Relieve:** El relieve en el Distrito de La Unión Leticia es accidentado, está formado por quebradas, pendientes, planos, planicies, cerros y pequeñas montañas conformada por mesetas andinas. Además, su superficie es horizontal o ligeramente ondulada, con elevaciones de nieves pendientes.
- **Climatología:** El Distrito de La Unión Leticia presenta un clima templado y una temperatura media máxima de 16.8 °C y una mínima de 5.5 °C reduciendo las temperaturas más bajas en los meses de Junio, Julio y Agosto.

4.2 Trabajo de obtención de datos

En el mes de marzo de 2020 el Perú decretó el estado de emergencia (inmovilización total domiciliaria), así mismo se dictó emergencia sanitaria, nos tocó vivir una de las situaciones más difíciles debido al virus del Covid_19, donde esta termino convirtiéndose en una pandemia. Consecuentemente, se prohibió el

transporte interprovincial e internacional de pasajeros por medio terrestre, aéreo, marítimo y fluvial, mediante el *Decreto Supremo* N° 044-2020-PCM, 051-2020-PCM, 064-2020-PCM, 080-2020-PCM y 094-2020-PCM. Así también, los laboratorios se mantuvieron cerrados durante la pandemia. Por ende, se optó por realizar el recojo de información de datos para la elaboración de tesis. Finalmente, realizarlo mediante la técnica de Análisis Documental.

De lo mencionado, se dio la oportunidad de obtener datos mediante el acceso a información de los ensayos realizados por las tesis de análisis. Estas se encuentran en los repositorios de las universidades que cuentan con la carrera de ingeniería civil a nivel nacional e internacional. Así también, se obtienen las teorías de los artículos científicos, los mismo que se encuentran en las páginas web.

Trabajo de laboratorio

Las tablas y figuras que se apreciara seguidamente son; de los ensayos de Limite Atterberg (limite líquido, limite plástico y índice de plasticidad), el Proctor Modificado y el CBR. Serán obtenidas por medio de análisis documental a los ensayos practicados y presentados en las tesis.

Resultados comparativos de laboratorios encontrados de las respectivas tesis:

Tesis 1: para la variable independiente óxido de calcio.

“Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la sub rasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina”

Autor: VELÁSQUEZ PEREYRA, César

Ensayo de límite de atterberg

Los límites de atterberg se encuentran en la naturaleza, donde su realización sale de los conceptos de suelos, esta se presenta en diferentes condiciones todas características de su entorno y cantidad de agua.⁴⁴ Para el proceso de la interpolación de los Límites de Consistencia fueron requeridos los resultados de la tesis que empleo diferentes dosificaciones de cal, en las tablas **4**, **6** y **8** se tienen los resultados de LL, LP y IP. Por otro lado, en las tablas **5**, **7** y **9** se tienen los resultados de la incorporación del óxido de calcio.

Tabla 3. Límite de consistencia de cemento portland tipo I.

Límite de consistencia			
% CPTI	LL	LP	IP
0	73.00	29.00	44.00
1	71.00	35.00	36.00
3	66.00	43.00	23.00
5	63.00	48.00	15.00

Fuente: Velásquez Pereyra, César 2018.

Tabla 4. Límite líquido con porcentaje de cemento portland tipo I.

Porcentaje de CPTI	Límite líquido (%)
0	73.00
1	71.00
3	66.00
5	63.00

Fuente: Velásquez Pereyra, César 2018.

Calculo de límite líquido con **2.5%, 3.5% y 4.5%** de óxido de calcio

1. Calculo de Y_1 con la interpolación lineal.

Para 2.5% de óxido de calcio	
1	71.00
2.5	Y_1
3	66.00

$$Y_1 = 71 + \left(\frac{66 - 71}{3 - 1} \right) (2.50 - 1.0) = 67.25$$

$$Y_1 = 67.25 \%$$

2. Calculo de Y_2 con la interpolación lineal.

Para 3.5% de óxido de calcio	
3	66.00
3.5	Y_2
5	63.00

$$Y_2 = 66 + \left(\frac{63 - 66}{5 - 3} \right) (3.50 - 3.0) = 65.25$$

$$Y_2 = 65.25 \%$$

3. Calculo de Y_3 con la interpolación lineal.

Para 4.5% de óxido de calcio e	
3	66.00
4.5	Y_3
5	63.00

$$Y_3 = 66 + \left(\frac{63 - 66}{5 - 3} \right) (4.50 - 3.0) = 63.75$$

$$Y_3 = 63.75 \%$$

Tabla 5. Límite líquido con óxido de calcio.

Porcentaje de óxido de calcio	Límite líquido (%)
0.0%	73.00
2.5%	67.25
3.5%	65.25
4.5%	63.75

Fuente: Elaboración propia, 2020.

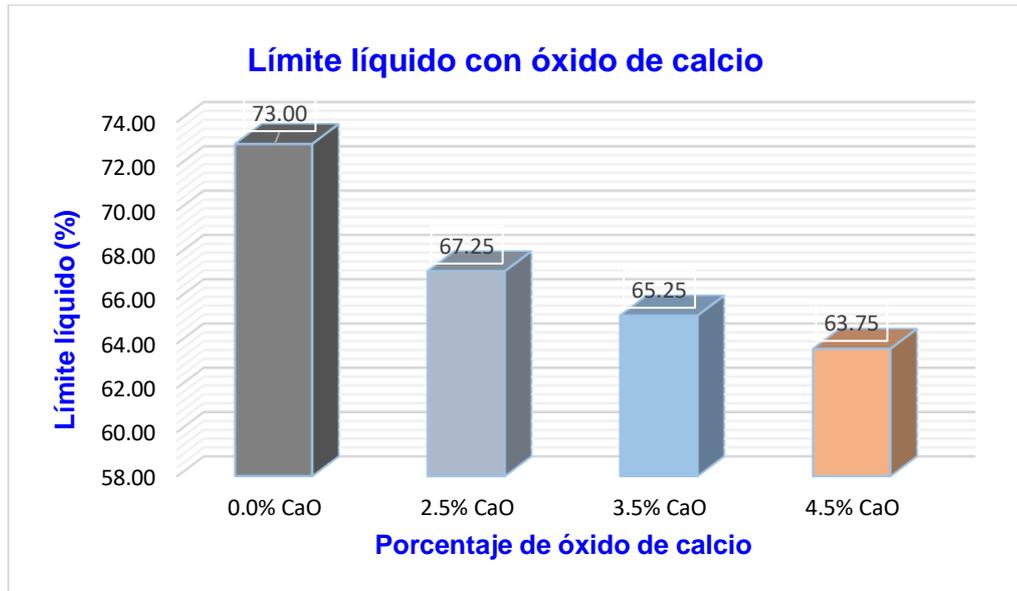


Figura 5. Histograma límite líquido con óxido de calcio.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 6. Límite plástico con porcentaje de cemento portland tipo I.

Porcentaje de CPTI	Límite plástico (%)
0	29.00
1	35.00
3	43.00
5	48.00

Fuente: Velásquez Pereyra, César 2018.

Calculo de límite plástico con **2.5%, 3.5% y 4.5%** de óxido de calcio.

1. Calculo de Y_1 con la interpolación lineal.

Para 2.5% de óxido de calcio	
1	35.00
2.5	Y_1
3	43.00

$$Y_1 = 35 + \left(\frac{43 - 35}{3 - 1} \right) (2.50 - 1.0) = 41.00$$

$$Y_1 = 41.00 \%$$

2. Cálculo de Y_2 con la interpolación lineal.

Para 3.5% de óxido de calcio	
3	43.00
3.5	Y_2
5	48.00

$$Y_2 = 43 + \left(\frac{48 - 43}{5 - 3} \right) (3.50 - 3.0) = 44.25$$

$$Y_2 = 44.25 \%$$

3. Cálculo de Y_3 con la interpolación lineal.

Para 4.5% de óxido de calcio	
3	43.00
4.5	Y_3
5	48.00

$$Y_3 = 43 + \left(\frac{48 - 43}{5 - 3} \right) (4.50 - 3.0) = 46.75$$

$$Y_3 = 46.75 \%$$

Tabla 7. Límite plástico con óxido de calcio.

Porcentaje de óxido de calcio	Límite plástico (%)
0.0%	29.00
2.5%	41.00
3.5%	44.25
4.5%	46.75

Fuente: Elaboración propia, 2020.

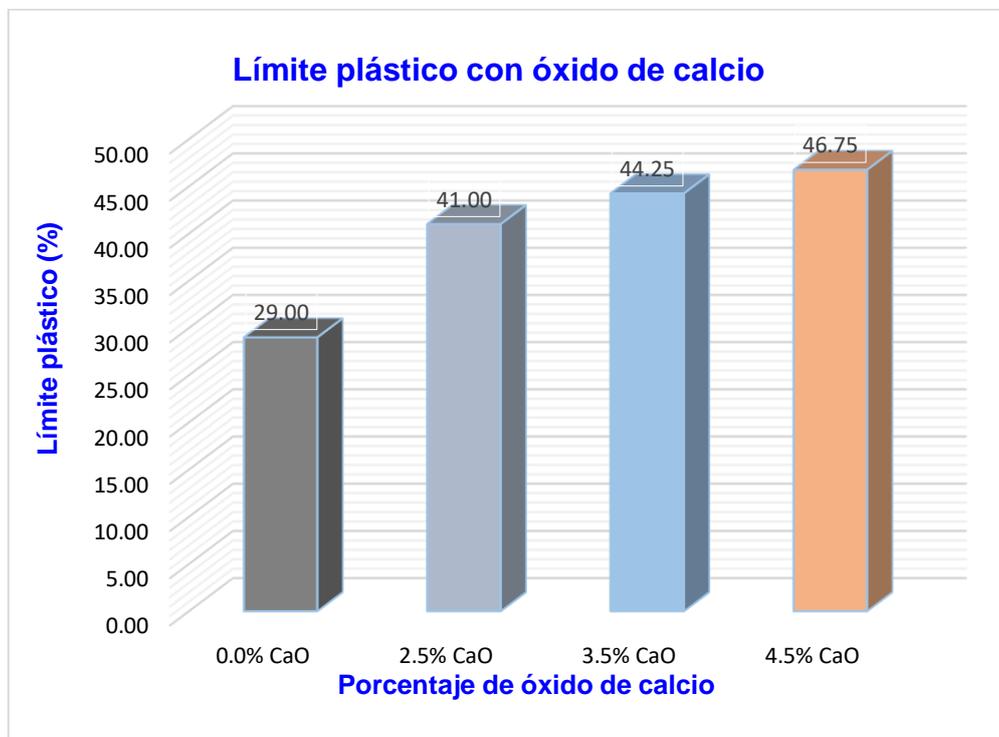


Figura 6. Histograma de límite plástico con óxido de calcio.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 8. Índice de plasticidad con porcentaje de cemento portland tipo I.

Porcentaje de CPTI	Índice de plasticidad (%)
0	44.00
1	36.00
3	23.00
5	15.00

Fuente: Velásquez Pereyra, César 2018.

Calculo de índice de plasticidad con **2.5%**, **3.5%** y **4.5%** de óxido de calcio.

1. Calculo de Y_1 con la interpolación lineal.

Para 2.5% de óxido de calcio	
1	36.00
2.5	Y_1
3	23.00

$$Y_1 = 36 + \left(\frac{23 - 36}{3 - 1} \right) (2.50 - 1.0) = 26.25$$

$$Y_1 = 26.25 \%$$

2. Calculo de Y_2 con la interpolación lineal.

Para 3.5% de óxido de calcio	
3	23.00
3.5	Y_2
5	15.00

$$Y_2 = 23 + \left(\frac{15 - 23}{5 - 3} \right) (3.50 - 3.0) = 21.00$$

$$Y_2 = 21.00 \%$$

3. Calculo de Y_3 con la interpolación lineal.

Para 4.5% de óxido de calcio	
3	23.00
4.5	Y_3
5	15.00

$$Y_3 = 23 + \left(\frac{15 - 23}{5 - 3} \right) (4.50 - 3.0) = 17.00$$

$$Y_3 = 17.00 \%$$

Tabla 9. Índice de plasticidad con óxido de calcio.

Porcentaje de óxido de calcio	Índice de plasticidad (%)
0.0%	44.00
2.5%	26.25
3.5%	21.00
4.5%	17.00

Fuente: Elaboración propia, 2020.

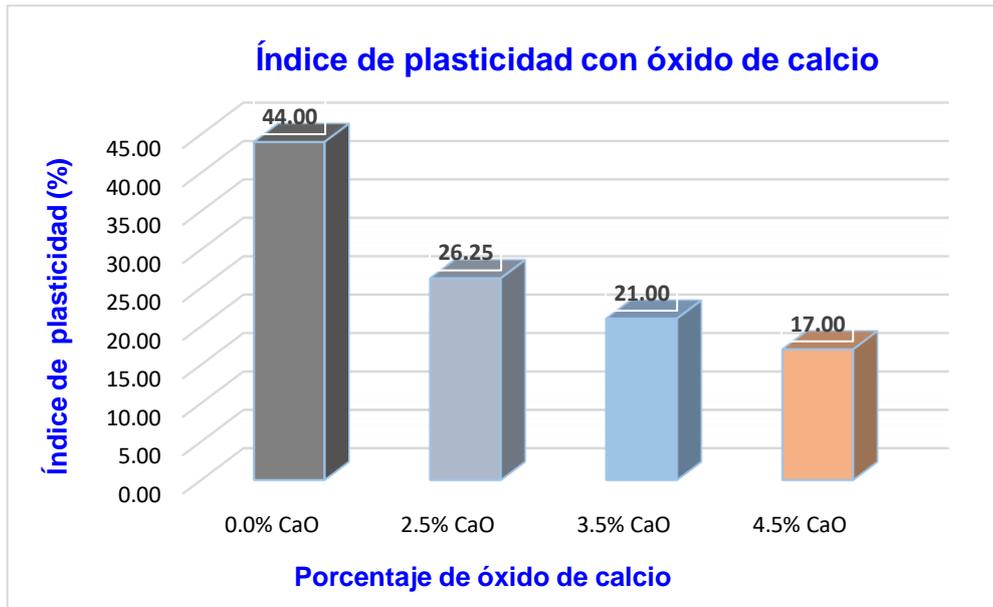


Figura 7. Histograma índice plasticidad con óxido de calcio.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 10. Límite de consistencia de óxido de calcio.

Límite de consistencia con óxido de calcio			
% CaO	LL	LP	IP
0.0%	73.00	29.00	44.00
2.5%	67.25	41.00	26.25
3.5%	65.25	44.25	21.00
4.5%	63.75	46.75	17.00

Fuente: Elaboración propia, 2020.

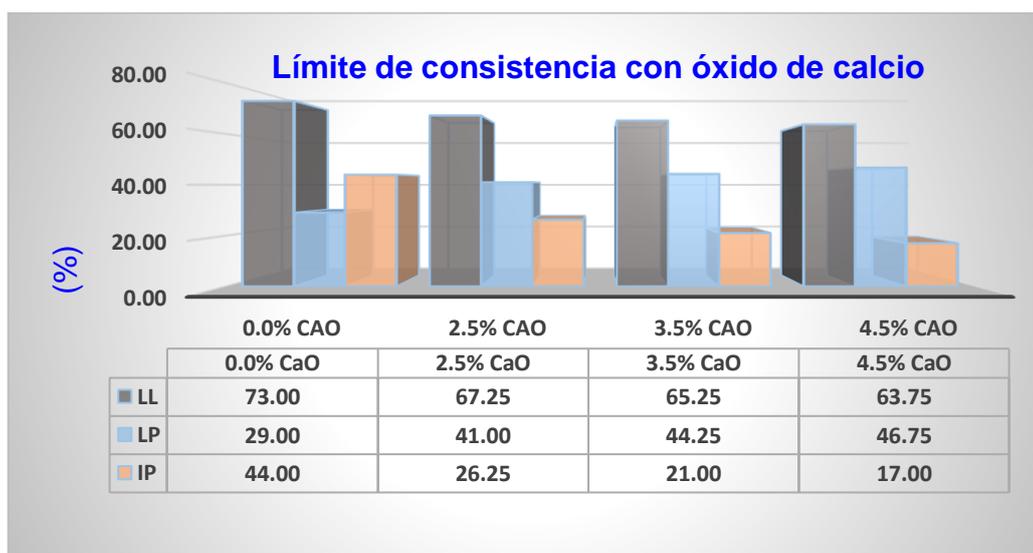


Figura 8. Histograma límite de consistencia de óxido de calcio.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

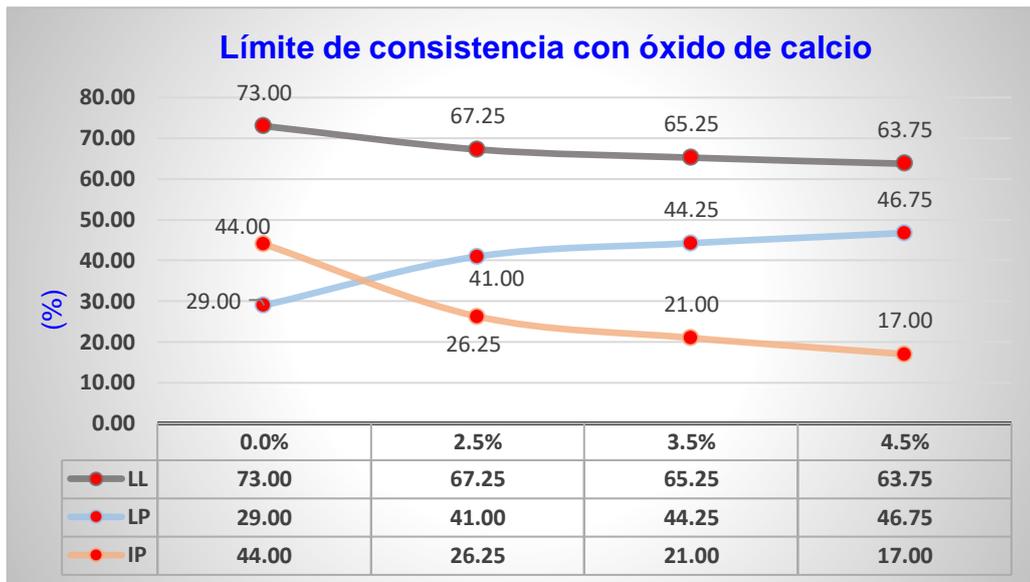


Figura 9. Diagrama de límite de consistencia de óxido de calcio.
Fuente: Elaboración propia, 2020

Interpretación de los límites de consistencia.

De la figura 9, para la muestra patrón el LL fue de 73.00%, LP de 29.00% y de la diferencia de ambos se obtuvo el índice de plasticidad con un **44.00%**, siendo estos los valores más altos. Por ello, al aplicar los porcentajes de óxido de calcio se redujeron dichos valores, aplicando el **2.5%** de óxido de calcio se obtuvo un LL de 67.25% y un LP de 41.00% y el IP de 26.25% y, agregando el **3.5%** de óxido de calcio el LL fue de 65.25% y el LP de 44.25% y su IP de 21.00%, asimismo, agregando el **4.5%** de óxido de calcio, el LL fue de 63.75% y el LP de 46.75% y su IP fue de 17.00%, finalmente, se precisa que la aplicación de las dosificaciones de óxido de calcio redujeron la plasticidad.

Ensayo de proctor modificado

El siguiente ensayo comprende la compactación, donde su realización es reiterativa y su objetivo es encontrar una densidad específica, de ese modo conseguir una relación óptima de agua con la finalidad de garantizar cualidades mecánicas necesarias del suelo.⁴⁵ Para el proceso de la interpolación del Proctor modificado fueron requeridos los resultados de la tesis que empleo diferentes dosificaciones de cal, en las tablas **12** y **14** se encuentran los resultados de MDS y OCH respectivamente. Por otro lado, en las tablas **13** y **15** se encuentran los resultados con la incorporación de óxido de calcio.

Tabla 11. Ensayo de proctor modificado.

Proctor modificado		
% CPTI	DMS (gr/cm ³)	OCH (%)
0	1.62	18.90
1	1.68	17.90
3	1.71	17.04
5	1.74	16.40

Fuente: Velásquez Pereyra, César 2018.

Tabla 12. Máxima densidad seca con porcentaje de cemento portland tipo I.

Porcentaje de CPTI	DMS (gr/cm ³)
0	1.62
1	1.68
3	1.71
5	1.74

Fuente: Velásquez Pereyra, César 2018.

Calculo de máxima densidad seca con **2.5%, 3.5% y 4.5%** de ceniza de óxido de calcio.

1. Calculo de **Y₁** con la interpolación lineal.

Para 2.5% de óxido de calcio	
1	1.68
2.5	Y₁
3	1.71

$$Y_1 = 1.68 + \left(\frac{1.71 - 1.68}{3 - 1} \right) (2.50 - 1.0) = 1.70$$

$$Y_1 = 1.70 \text{ gr/cm}^3$$

2. Calculo de **Y₂** con la interpolación lineal.

Para 3.5% de óxido de calcio	
3	1.71
3.5	Y₂
5	1.74

$$Y_2 = 1.71 + \left(\frac{1.74 - 1.71}{5 - 3} \right) (3.50 - 3.0) = 1.72$$

$$Y_2 = 1.72 \text{ gr/cm}^3$$

3. Calculo de **Y₃** con la interpolación lineal.

Para 4.5% de óxido de calcio	
3	1.71
4.5	Y₃
5	1.74

$$Y_3 = 1.71 + \left(\frac{1.74 - 1.71}{5 - 3} \right) (4.50 - 3.0) = 1.73$$

$$Y_3 = 1.73 \text{ gr/cm}^3$$

Tabla 13. *Máxima densidad seca con óxido de calcio.*

Porcentaje de óxido de calcio	DMS (gr/cm ³)
0.0%	1.62
2.5%	1.70
3.5%	1.72
4.5%	1.73

Fuente: Elaboración propia, 2020.

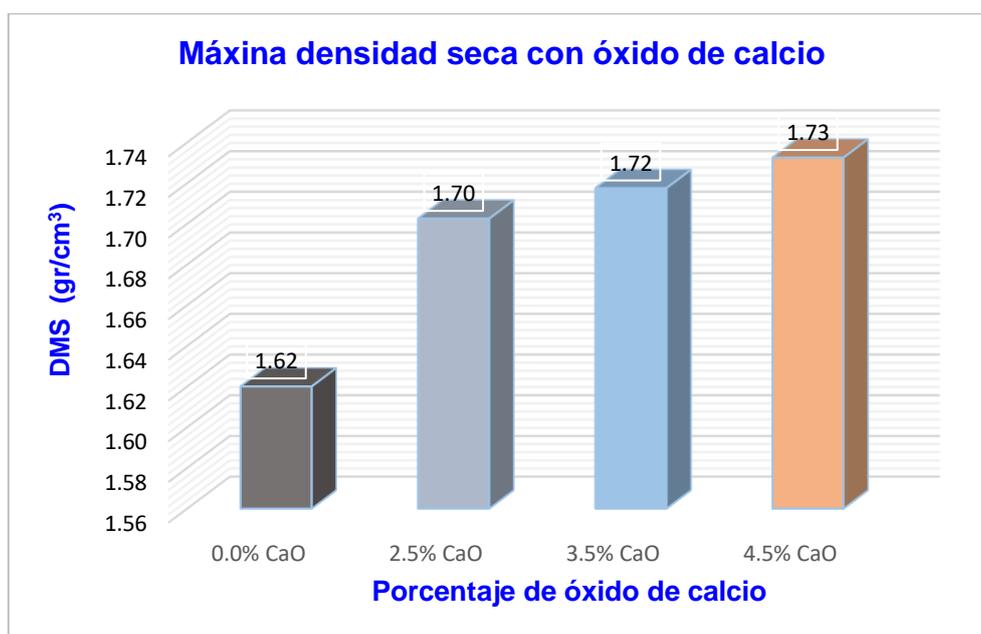


Figura 10. Histograma de máxima densidad seca con óxido de calcio.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 14. *Contenido de humedad con porcentaje de cemento portland tipo I.*

Porcentaje de CPTI	OCH (%)
0	18.90
1	17.90
3	17.04
5	16.40

Fuente: Velásquez Pereyra, César 2018.

Calculo de máxima densidad seca con **2.5%, 3.5% y 4.5%** de óxido de calcio

1. Calculo de Y_1 con la interpolación lineal.

Para 2.5% de óxido de calcio	
1	17.90
2.5	Y₁
3	17.04

$$Y_1 = 17.9 + \left(\frac{17.04 - 17.9}{3 - 1} \right) (2.5 - 1) = 17.26$$

$$Y_1 = 17.26 \%$$

2. Calculo de **Y₂** con la interpolación lineal.

Para 3.5% de óxido de calcio	
3	17.04
3.5	Y₂
5	16.40

$$Y_2 = 17.04 + \left(\frac{16.4 - 17}{5 - 3} \right) (3.5 - 3) = 16.88$$

$$Y_2 = 16.88 \%$$

3. Calculo de **Y₃** con la interpolación lineal.

Para 4.5% de óxido de calcio	
3	17.04
4.5	Y₃
5	16.40

$$Y_3 = 17.04 + \left(\frac{16.4 - 17}{5 - 3} \right) (4.5 - 3) = 16.56$$

$$Y_3 = 16.56 \%$$

Tabla 15. *Contenido de humedad con óxido e calcio.*

Porcentaje de óxido de calcio	OCH (%)
0.0%	18.90
2.5%	17.26
3.5%	16.88
4.5%	16.56

Fuente: Elaboración propia, 2020.

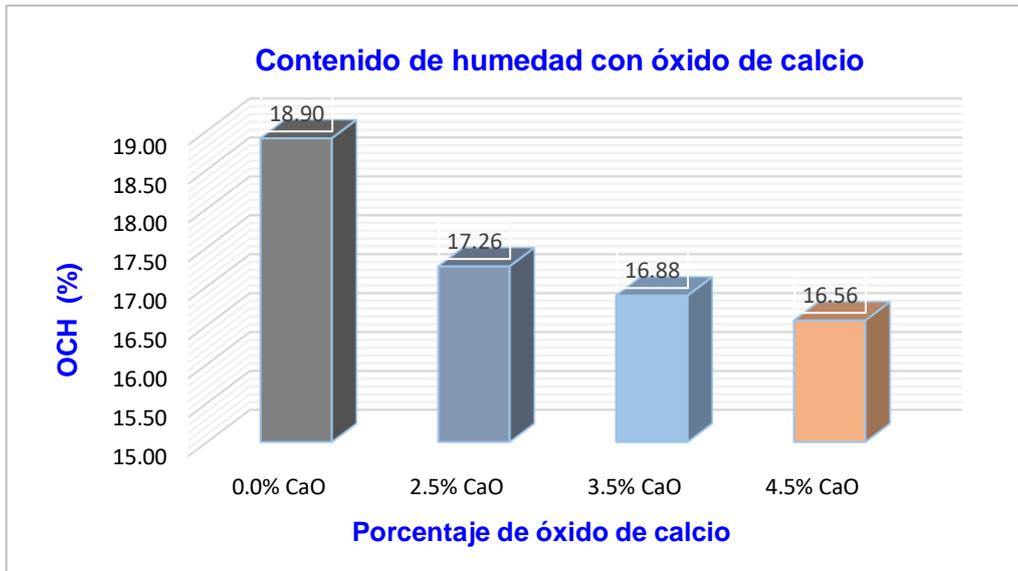


Figura 11. Histograma de contenido de humedad con óxido de calcio.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 16. Proctor modificado con óxido de calcio.

Proctor modificado con óxido de calcio		
% CaO	DMS (gr/cm ³)	OCH (%)
0.0%	1.62	18.90
2.5%	1.70	17.26
3.5%	1.72	16.88
4.5%	1.73	16.56

Fuente: Elaboración propia, 2020.

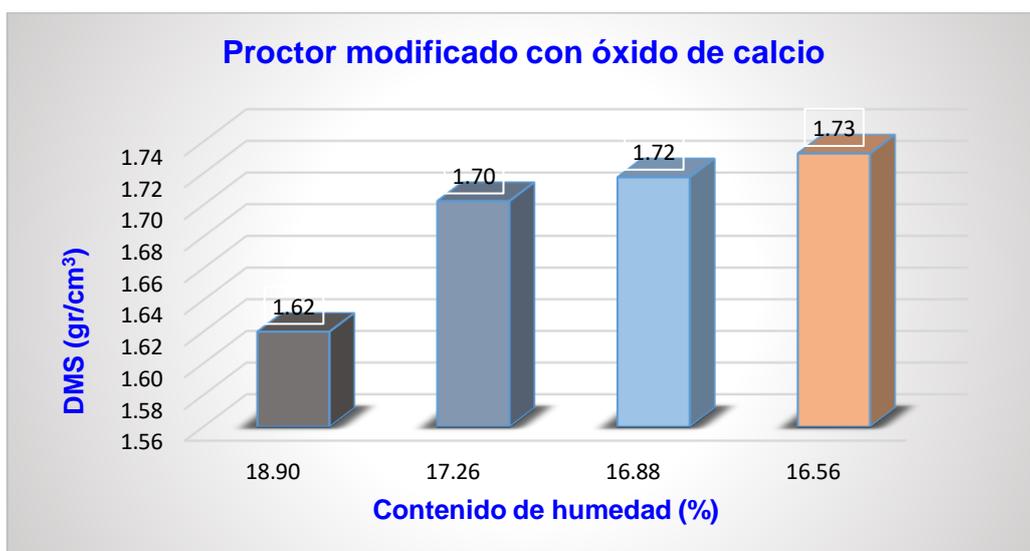


Figura 12. Histograma de proctor modificado con óxido de calcio.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

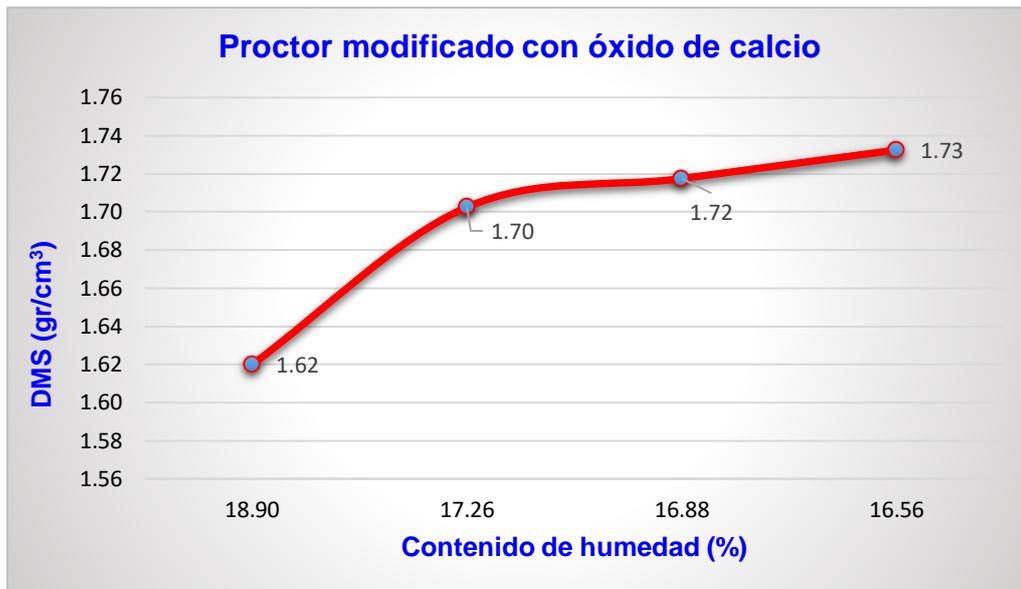


Figura 13. Diagrama de proctor modificado con ceniza de fibra de fique. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Interpretación de Proctor Modificado

De la figura 13, los resultados obtenidos con aplicación de la interpolación mostraron que al incorporar 2.5%, 3.5% y 4.5% de óxido de calcio, redujo el óptimo contenido de humedad en 17.26%, 16.88% y 16.56%. así mismo, se obtuvo un aumento en la densidad máxima seca en 1.70gr/cm³, 1.72gr/cm³ y 1.73gr/cm³ respectivamente. por otro lado, el suelo patrón tuvo un óptimo contenido de humedad de 18.30% y su densidad máxima seca de 1.65gr/cm³, finalmente, se mostró que la aplicación, relación de OCH y DMS logran aumentar la compactación.

Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)

El ensayo de CBR es esencial donde este se encarga de la estabilización de los suelos direccionados a la subrasante del pavimento, su finalidad es la de clasificar el suelo como material apta o insuficiente para carreteras, donde el ensayo comprende la determinación de la capacidad portante.⁴⁶ Para el proceso de la interpolación del CBR fueron requeridos los resultados de la tesis que empleo diferentes dosificaciones de cal, en la tabla 17 se encuentra los resultados. Por otro lado, en la tabla 18 se encuentran los resultados con la incorporación de óxido de calcio.

Tabla 17. Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)

CBR (California Bearing Ratio) (%)	
% CPTI	CBR al 100%
0	1.44
1	4.45
3	7.70
5	15.70

Fuente: Velásquez Pereyra, César 2018.

Calculo de CBR con **2.5%**, **3.5%** y **4.5%** de ceniza de óxido de calcio.

1. Calculo de Y_1 con la interpolación lineal.

Para 2.5% de óxido de calcio	
1	4.45
2.5	Y_1
3	7.70

$$Y_1 = 4.45 + \left(\frac{7.7 - 4.45}{3 - 1} \right) (2.50 - 1.0) = 6.89$$

$$Y_1 = 6.89 \%$$

2. Calculo de Y_2 con la interpolación lineal.

Para 3.5% de óxido de calcio	
3	7.70
3.5	Y_2
5	15.70

$$Y_2 = 7.7 + \left(\frac{15.7 - 7.7}{5 - 3} \right) (3.50 - 3.0) = 9.70$$

$$Y_2 = 9.70 \%$$

3. Calculo de Y_3 con la interpolación lineal.

Para 4.5% de óxido de calcio	
3	7.70
4.5	Y_3
5	15.70

$$Y_3 = 7.7 + \left(\frac{15.7 - 7.7}{5 - 3} \right) (4.50 - 3.0) = 13.70$$

$$Y_3 = 13.70 \%$$

Tabla 18. CBR (California Bearing Ratio) con óxido de calcio.

Porcentaje de óxido de calcio	CBR (%)
0.0%	1.44
2.5%	6.89
3.5%	9.70
4.5%	13.70

Fuente: Elaboración propia, 2020.

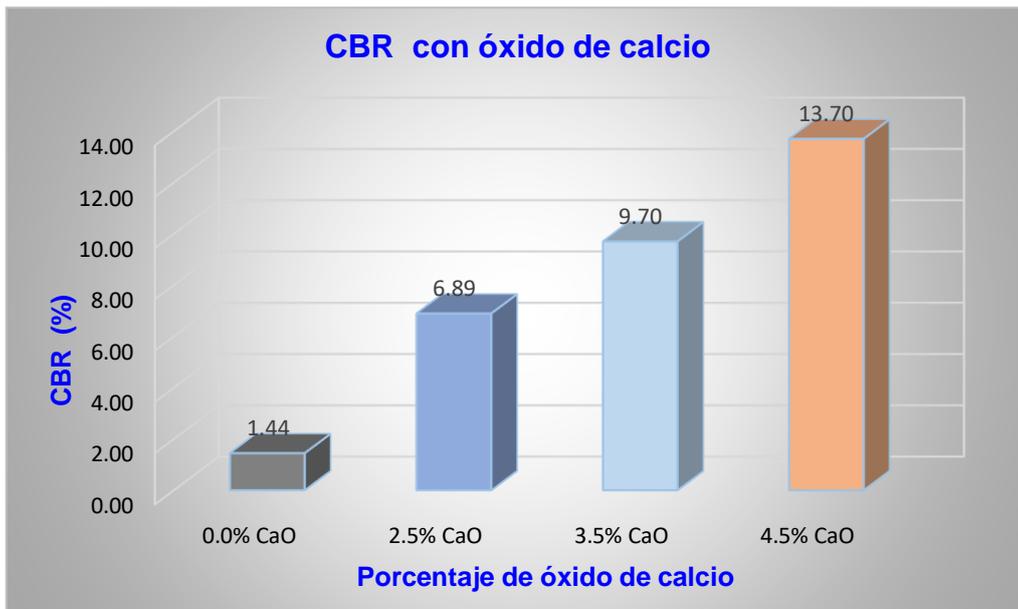


Figura 14. Histograma de CBR con óxido de calcio.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

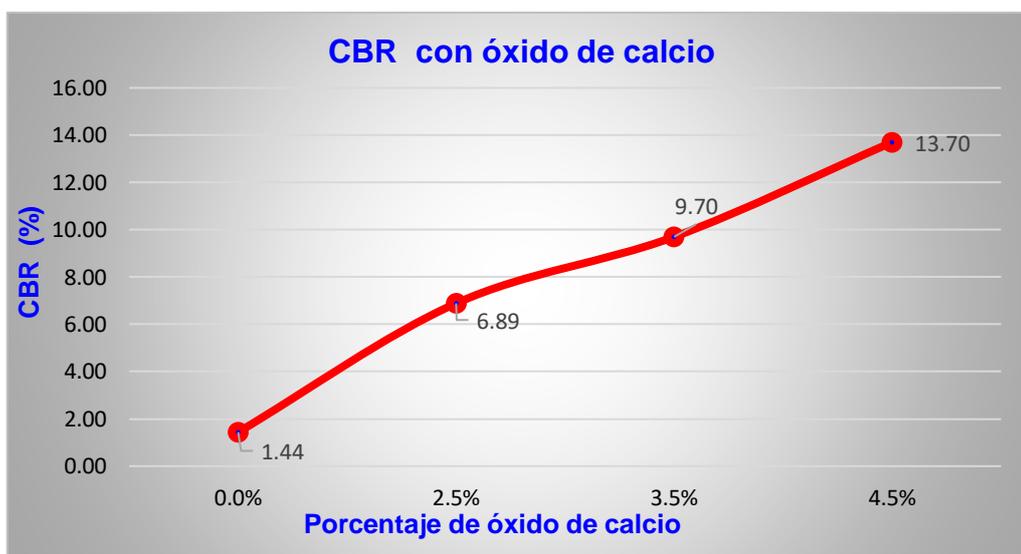


Figura 15. Histograma de CBR con óxido de calcio.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

De la figura 15, los resultados obtenidos con aplicación de la interpolación muestran que el óxido de calcio tuvo un efecto favorable, donde la incorporación un 2.5%, 3.5% y 4.5% arrojaron un CBR de 6.98%, 9.70% y 13.70% respectivamente, estos fueron superiores al del suelo patrón, donde este arrojó un CBR de 1.44%.

Tabla 19. Resumen de los resultados del suelo natural.

Descripción	Resultado	Unidad
Ensayo de límite de consistencia		
Límite líquido	73.00	%
Límite plástico	29.00	%
Índice de plasticidad	44.00	%
Ensayo de proctor modificado		
Máxima densidad seca	1.62	gr/cm ³
Óptimo contenido de humedad	18.90	%
Ensayo de CBR		
CBR de diseño al 100% de MDS	1.44	%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 20. Resumen de los resultados del suelo con 2.5% de óxido de calcio.

Descripción	Resultado	Unidad
Ensayo de límite de consistencia		
Límite líquido	67.25	%
Límite plástico	41.00	%
Índice de plasticidad	26.25	%
Ensayo de proctor modificado		
Máxima densidad seca	1.70	gr/cm ³
Óptimo contenido de humedad	18.90	%
Ensayo de CBR		
CBR de diseño al 100% de MDS	6.89	%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 21. Resumen de los resultados del suelo con 3.5% de óxido de calcio.

Descripción	Resultado	Unidad
Ensayo de límite de consistencia		
Límite líquido	65.25	%
Límite plástico	44.25	%
Índice de plasticidad	21.00	%
Ensayo de proctor modificado		
Máxima densidad seca	1.72	gr/cm ³
Óptimo contenido de humedad	16.88	%
Ensayo de CBR		
CBR de diseño al 100% de MDS	9.70	%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 22. Resumen de los resultados del suelo con 4.5% de óxido de calcio.

Descripción	Resultado	Unidad
Ensayo de límite de consistencia		
Límite líquido	63.75	%
Límite plástico	46.75	%
Índice de plasticidad	17.00	%
Ensayo de proctor modificado		
Máxima densidad seca	1.73	g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	16.56	%
Ensayo de CBR		
CBR de diseño al 100% de MDS	13.70	%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tesis 2: para la variable independiente ceniza de fibra de fique.

“Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en sub rasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz, Cajamarca 2016”

Autor: LLAMOGA VÁSQUEZ, Luz Yanet, 2016.

Para la realización de los límites de atterberg se establecen puntos que surgen de la necesidad de cambiar al suelo de un estado a otro, de eso modo, lograr consistencias donde se verifique la facilidad de deformación del suelo.⁴⁷ Para el proceso de la interpolación de los Límites de Consistencia fueron requeridos los resultados de la tesis que empleo diferentes dosificaciones de la ceniza de cascara de arroz, en las tablas 24, 26 y 28 se tienen los resultados de LL, LP y IP. Por otro lado, en las tablas 25, 27 y 29 se tienen los resultados de la incorporación de la ceniza de fibra de fique.

Ensayos de límites de consistencia

Tabla 23. Límite de consistencia de ceniza de cascara de arroz.

Límite de consistencia			
% CCA	LL	LP	IP
0	44.53	24.51	20.02
4	36.33	22.30	14.03
7	27.51	19.38	8.14
10	46.42	25.00	21.42

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.

Tabla 24. Límite líquido con porcentaje de ceniza de cascara de arroz.

Porcentaje de CCA	Límite líquido (%)
0	44.53
4	36.33
7	27.51
10	46.42

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.

Calculo de límite líquido con **4.5%**, **6.5%** y **8.5%** de ceniza de ceniza de fibra de fique.

1. Calculo de Y_1 con la interpolación lineal.

Para 4.5% de ceniza de fibra de fique	
4	36.33
4.5	Y_1
7	27.51

$$Y_1 = 36.33 + \left(\frac{27.51 - 36.3}{7 - 4} \right) (4.50 - 4.0) = \mathbf{34.86}$$

$$Y_1 = \mathbf{34.86 \%}$$

2. Calculo de Y_2 con la interpolación lineal.

Para 6.5% de ceniza de fibra de fique	
4	36.33
6.5	Y_2
7	27.51

$$Y_2 = 36.33 + \left(\frac{27.51 - 36.3}{7 - 4} \right) (6.50 - 4.0) = \mathbf{28.98}$$

$$Y_2 = \mathbf{28.98 \%}$$

3. Calculo de Y_3 con la interpolación lineal.

Para 8.5% de ceniza de fibra de fique	
7	27.51
8.5	Y_3
10	46.42

$$Y_3 = 27.51 + \left(\frac{46.42 - 27.5}{10 - 7} \right) (8.50 - 7.0) = \mathbf{36.97}$$

$$Y_3 = \mathbf{36.97 \%}$$

Tabla 25. Límite líquido con ceniza de fibra de fique.

Porcentaje de ceniza de fibra de fique	Límite líquido (%)
0.0%	44.53
4.5%	34.86
6.5%	28.98
8.5%	36.97

Fuente: Elaboración propia, 2020.

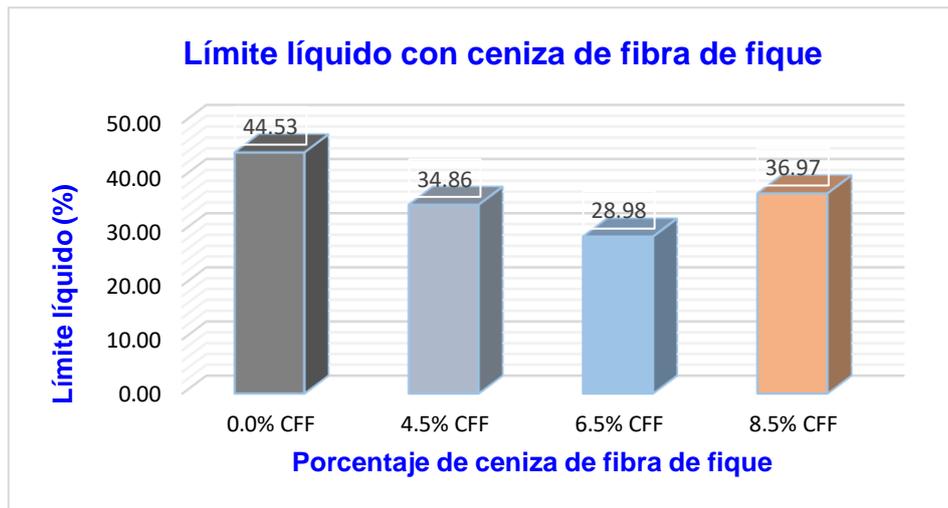


Figura 16. Histograma límite líquido con ceniza de fibra de fique.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 26. Límite plástico con porcentaje de ceniza de cascara de arroz.

Porcentaje de CCA	Límite plástico (%)
0	24.51
4	22.30
7	19.38
10	25.00

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.

Calculo de límite plástico con **4.5%**, **6.5%** y **8.5%** de ceniza de ceniza de fibra de fique.

1. Calculo de Y_1 con la interpolación lineal.

Para 4.5% de ceniza de fibra de fique	
4	22.30
4.5	Y_1
7	19.38

$$Y_1 = 22.3 + \left(\frac{19.38 - 22.3}{7 - 4} \right) (4.50 - 4.0) = 21.81$$

$$Y_1 = 21.81 \%$$

2. Calculo de Y_2 con la interpolación lineal.

Para 6.5% de ceniza de fibra de fique	
4	22.30
6.5	Y_2
7	19.38

$$Y_2 = 22.3 + \left(\frac{19.38 - 22.3}{7 - 4} \right) (6.50 - 4.0) = 19.87$$

$$Y_2 = 19.87 \%$$

3. Cálculo de Y_3 con la interpolación lineal.

Para 8.5% de ceniza de fibra de fique	
7	19.38
8.5	Y_3
10	25.00

$$Y_3 = 19.38 + \left(\frac{25 - 19.4}{10 - 7} \right) (8.50 - 7.0) = 22.19$$

$$Y_3 = 22.19 \%$$

Tabla 27. Límite plástico con ceniza de fibra de fique.

Porcentaje de ceniza de fibra de fique	Límite plástico (%)
0.0%	24.51
4.5%	21.81
6.5%	19.87
8.5%	22.19

Fuente: Elaboración propia, 2020.

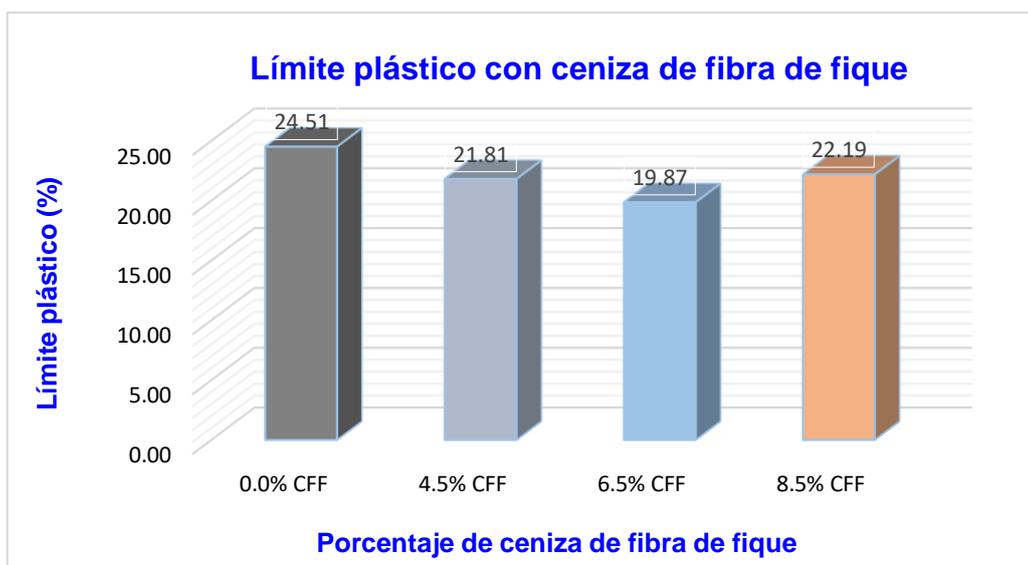


Figura 17. Histograma de límite plástico con ceniza de fibra de fique.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 28. Índice de plasticidad con porcentaje de ceniza de cascara de arroz.

Porcentaje de CCA	Índice de plasticidad (%)
0	20.02
4	14.03
7	8.14
10	21.42

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.

Calculo de índice de plasticidad con **4.5%, 6.5% y 8.5%** de ceniza de ceniza de fibra de fique.

1. Calculo de Y_1 con la interpolación lineal.

Para 4.5% de ceniza de fibra de fique	
4	14.03
4.5	Y_1
7	8.14

$$Y_1 = 14.03 + \left(\frac{8.14 - 14}{7 - 4} \right) (4.50 - 4.0) = 13.05$$

$$Y_1 = 13.05 \%$$

2. Calculo de Y_2 con la interpolación lineal.

Para 6.5% de ceniza de fibra de fique	
4	14.03
6.5	Y_2
7	8.14

$$Y_2 = 14.03 + \left(\frac{8.14 - 14}{7 - 4} \right) (6.50 - 4.0) = 9.12$$

$$Y_2 = 9.12 \%$$

3. Calculo de Y_3 con la interpolación lineal

Para 8.5% de ceniza de fibra de fique	
7	8.14
8.5	Y_3
10	21.42

$$Y_3 = 8.14 + \left(\frac{21.42 - 8.14}{10 - 7} \right) (8.50 - 7.0) = 14.78$$

$$Y_3 = 14.78 \%$$

Tabla 29. Índice de plasticidad con ceniza de fibra de fique.

Porcentaje de ceniza fibra de fique	Índice de plasticidad (%)
0.0%	20.02
4.5%	13.05
6.5%	9.12
8.5%	14.78

Fuente: Elaboración propia, 2020.

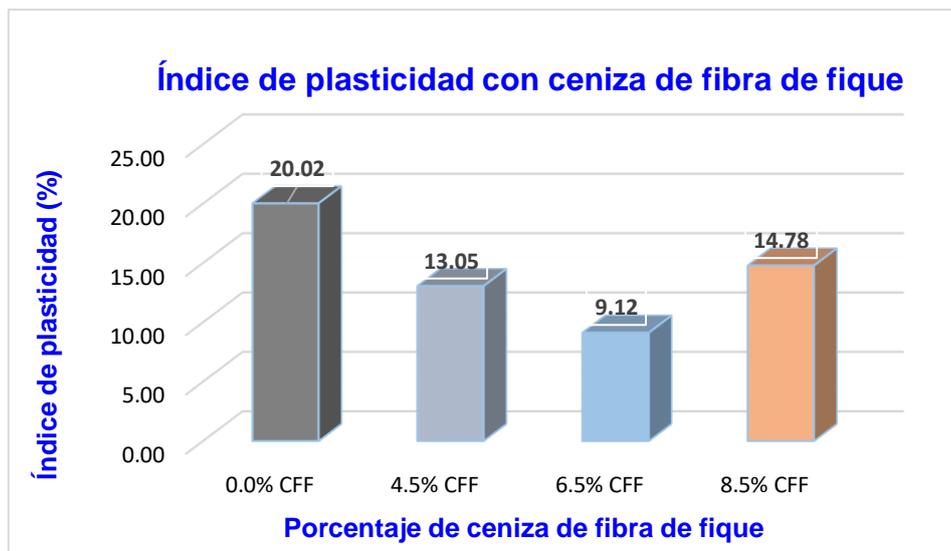


Figura 18. Histograma índice de plasticidad con ceniza de fibra de fique.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 30. Límite de consistencia de ceniza de fibra de fique.

Límite de consistencia con ceniza de fibra de fique			
% CFF	LL	LP	IP
0.0%	44.53	24.51	20.02
4.5%	34.86	21.81	13.05
6.5%	28.98	19.87	9.12
8.5%	36.97	22.19	14.78

Fuente: Elaboración propia, 2020.

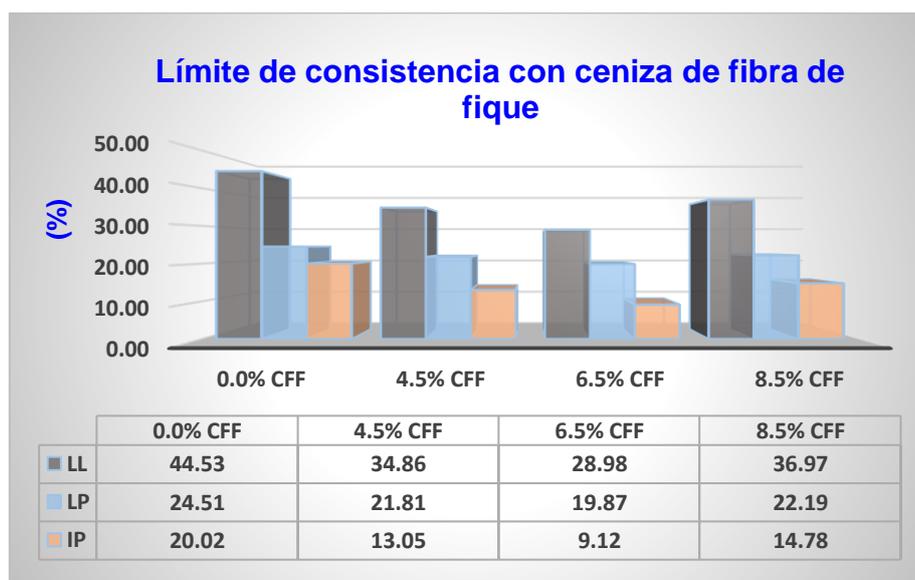


Figura 19. Histograma de límite de consistencia de ceniza de fibra de fique.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

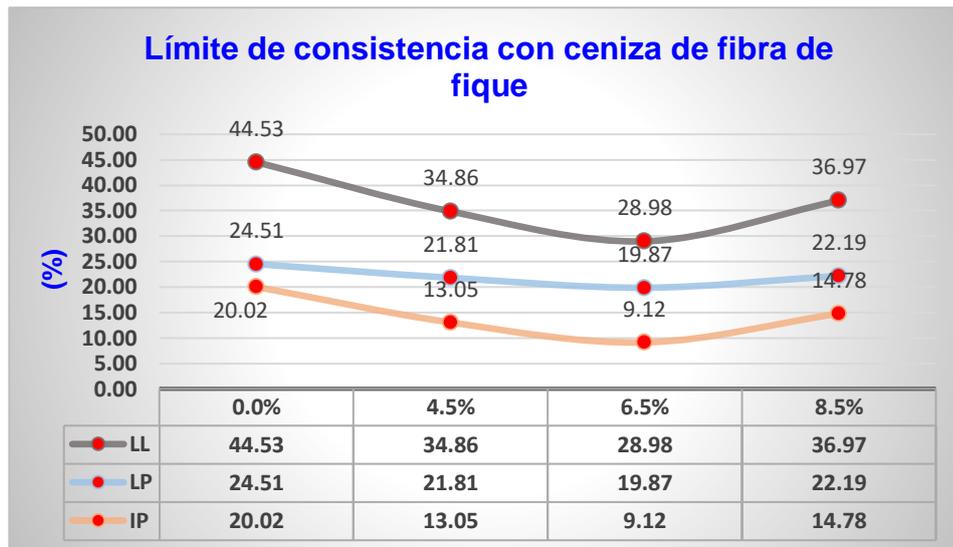


Figura 20. Diagrama de límite de consistencia de ceniza de fibra de fique.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Interpretación de los Límites de Consistencia.

De la figura 20, para la muestra patrón el LL fue de 44.53%, LP de 24.51% y de la diferencia de ambos se obtuvo el índice de plasticidad con un **20.02%** siendo este valor más alto. Por ello, al aplicar los porcentajes de ceniza de fibra de fique se pretendió reducir esos valores. En consecuencia, aplicando el **4.5%** de ceniza de fibra de fique se obtuvo un LL de 34.86% y un LP de 21,81% y el IP de 13.05% y, agregando el **6.5%** de ceniza de fibra de fique el LL fue de 28.98% y el LP de 19.87% y su IP de 9.12%, asimismo, agregando el **8.5%** de ceniza de fibra de fique, el LL fue de 36.97% y el LP de 22.19% y su IP fue de 14.78%, finalmente, los porcentajes que se incorporaron reducen la plasticidad del suelo, el límite a utilizar es del 6.5%, debido a que pasado este valor, se presentó un incremento, donde se observó que el 8.5% se encuentra en nivel de crecimiento y este aumenta la plasticidad.

Ensayo de proctor modificado

Procedimiento, operación cuya finalidad es la estabilización mecánica y su objetivo primordial es aumentar la densidad del suelo con la aproximación de las partículas, esto se logra con la disminución de los índices de vacíos.⁴⁸ Para el proceso de la interpolación del Proctor modificado fueron requeridos los resultados de la tesis que

empleo diferentes dosificaciones de la ceniza de cascara de arroz, en las tablas **32** y **34** se encuentran los resultados de MDS y OCH respectivamente. Por otro lado, en las tablas **33** y **35** se encuentran los resultados con la incorporación de la ceniza de fibra de fique.

Tabla 31. *Ensayo de proctor modificado*

Proctor modificado		
% CCA	DMS (gr/cm ³)	OCH (%)
0	1.72	16.37
4	1.74	17.56
7	1.76	17.87
10	1.71	19.23

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.

Tabla 32. *Máxima densidad seca con porcentaje de ceniza de cascara de arroz*

Porcentaje de CCA	DMS (gr/cm ³)
0	1.72
4	1.74
7	1.76
10	1.71

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.

Calculo de máxima densidad seca con **4.5%**, **6.5%** y **8.5%** de ceniza de ceniza de fibra de fique.

1. Calculo de **Y₁** con la interpolación lineal.

Para 4.5% de ceniza de fibra de fique	
4	1.74
4.5	Y₁
7	1.76

$$Y_1 = 1.735 + \left(\frac{1.762 - 1.74}{7 - 4} \right) (4.50 - 4.0) = 1.74$$

$$Y_1 = 1.74 \text{ gr/cm}^3$$

2. Calculo de **Y₂** con la interpolación lineal.

Para 6.5% de ceniza de fibra de fique	
4	1.74
6.5	Y₂
7	1.76

$$Y_2 = 1.735 + \left(\frac{1.762 - 1.74}{7 - 4} \right) (6.50 - 4.0) = 1.76$$

$$Y_2 = 1.76 \text{ gr/cm}^3$$

3. Cálculo de Y_3 con la interpolación lineal.

Para 8.5% ceniza de fibra de fique	
7	1.76
8.5	Y_3
10	1.71

$$Y_3 = 1.762 + \left(\frac{1.707 - 1.76}{10 - 7} \right) (8.50 - 7.0) = 1.73$$

$$Y_3 = 1.73 \text{ gr/m}^3$$

Tabla 33. Máxima densidad seca con ceniza de fibra de fique.

Porcentaje de ceniza fibra de fique	DMS (gr/m^3)
0.0%	1.72
4.5%	1.74
6.5%	1.76
8.5%	1.73

Fuente: Elaboración propia, 2020.

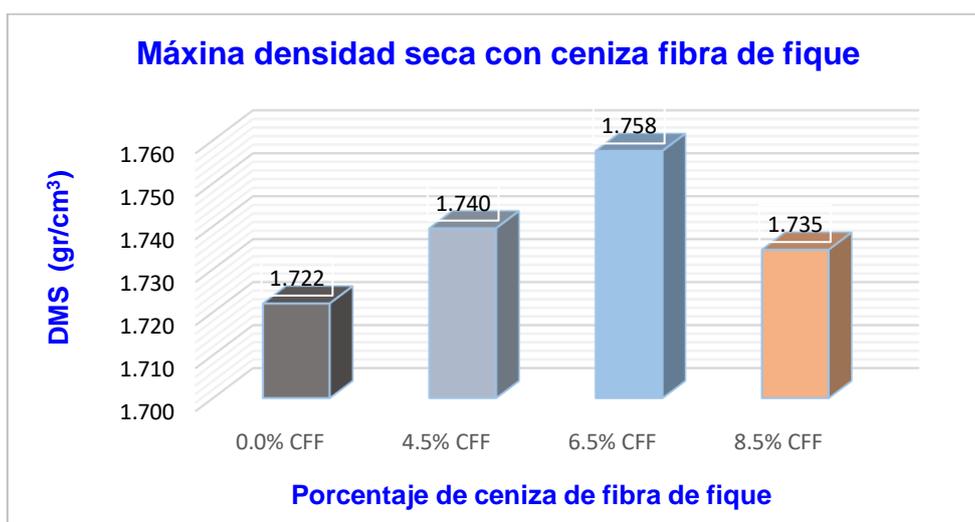


Figura 21. Histograma de máxima densidad seca con ceniza de fibra de fique.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 34. Contenido de humedad con porcentaje de ceniza de cascara de arroz.

Porcentaje de CCA	OCH (%)
0	16.37
4	17.56
7	17.87
10	19.23

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.

Calculo de máxima densidad seca con **4.5%, 6.5% y 8.5%** de ceniza de ceniza de fibra de fique.

1. Calculo de Y_1 con la interpolación lineal.

Para 4.5% de ceniza de fibra de fique	
4	17.56
4.5	Y_1
7	17.87

$$Y_1 = 17.56 + \left(\frac{17.87 - 17.6}{7 - 4} \right) (4.50 - 4.0) = 17.61$$

$$Y_1 = 17.61 \%$$

2. Calculo de Y_2 con la interpolación lineal.

Para 6.5% de ceniza de fibra de fique	
4	17.56
6.5	Y_2
7	17.87

$$Y_2 = 17.56 + \left(\frac{17.87 - 17.6}{7 - 4} \right) (6.50 - 4.0) = 17.82$$

$$Y_2 = 17.82 \%$$

3. Calculo de Y_3 con la interpolación lineal.

Para 8.5% de ceniza de fibra de fique	
7	17.87
8.5	Y_3
10	19.23

$$Y_3 = 17.87 + \left(\frac{19.23 - 17.9}{10 - 7} \right) (8.50 - 7.0) = 18.55$$

$$Y_3 = 18.55 \%$$

Tabla 35. *Contenido de humedad con ceniza de fibra de fique*

Porcentaje de ceniza de fibra de fique	OCH (%)
0.0%	16.37
4.5%	17.61
6.5%	17.82
8.5%	18.55

Fuente: Elaboración propia, 2020.

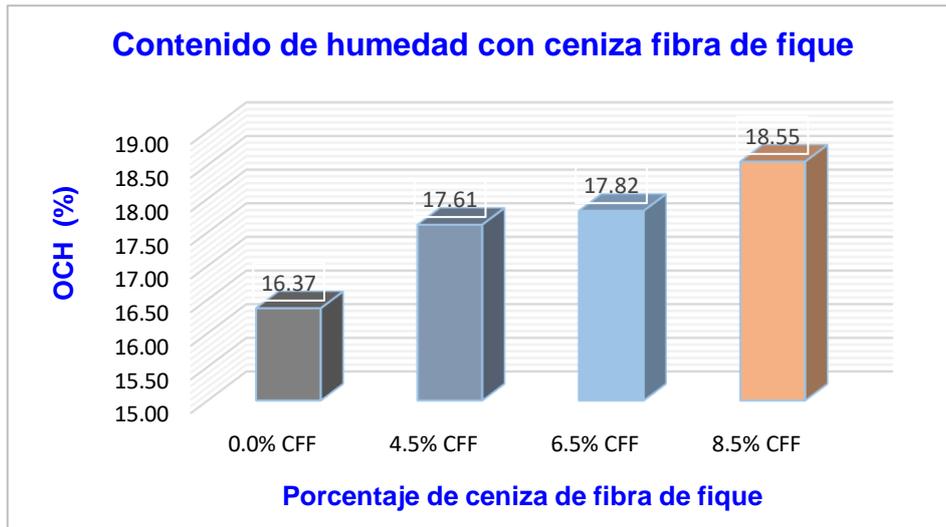


Figura 22. Histograma de contenido de humedad con ceniza de fibra de fique.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 36. Proctor modificado con ceniza de fibra de fique.

Proctor modificado con ceniza de fibra de fique		
% CFF	DMS (gr/cm ³)	OCH (%)
0.0%	1.72	16.37
4.5%	1.74	17.61
6.5%	1.76	17.82
8.5%	1.73	18.55

Fuente: Elaboración propia, 2020.

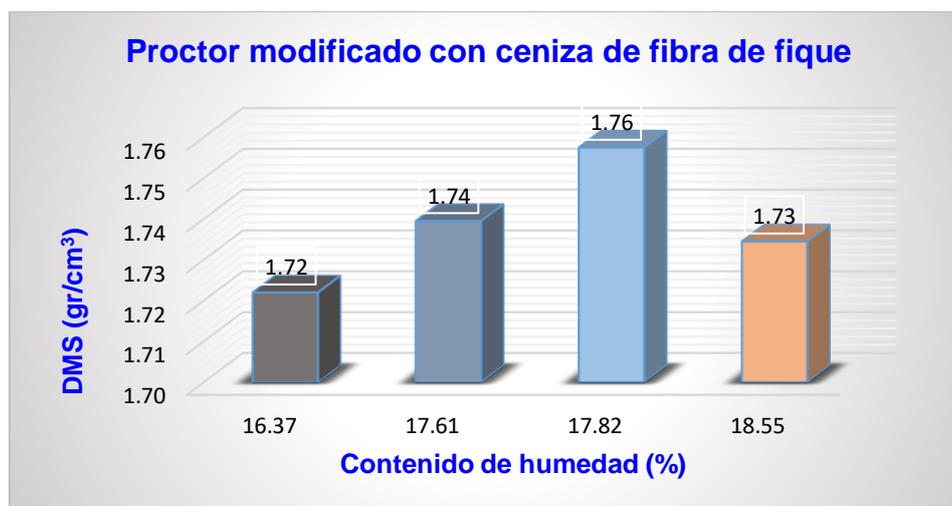


Figura 23. Histograma de proctor modificado con ceniza de fibra de fique.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

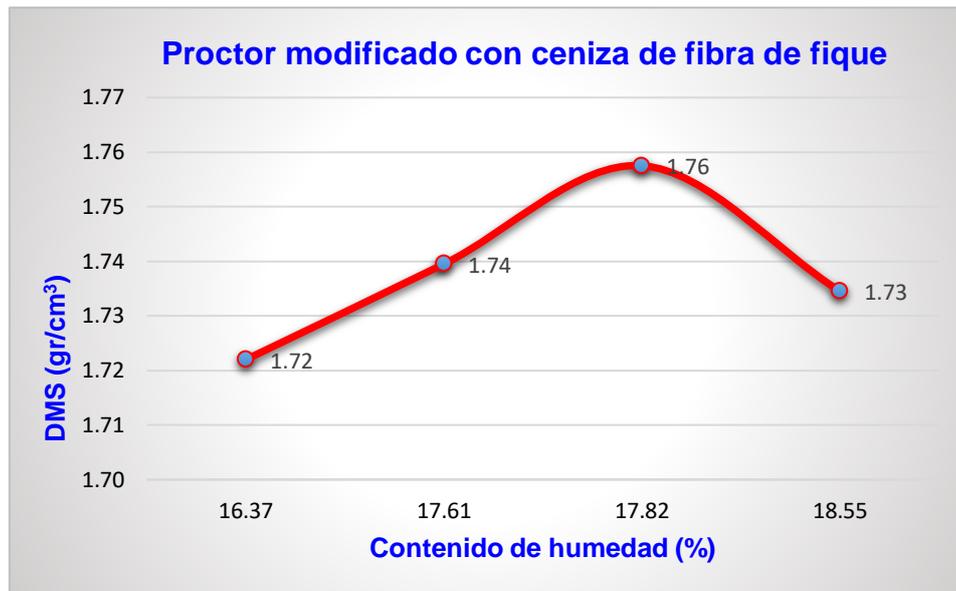


Figura 24. Diagrama de proctor modificado con ceniza de fibra de fique.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Interpretación de Proctor Modificado:

De la figura 24, los resultados obtenidos con aplicación de la interpolación muestran que la ceniza de fibra de fique tuvo un efecto favorable, donde los valores del 4.5% y 6.5% arrojaron Óptimo Contenido de Humedad con un 17.61% y 17.82% respectivamente, con ello, consiguiendo densidades máximas secas de 1.74gr/cm³ y 1.76gr/cm³, estas fueron superiores a la del suelo patrón, donde este arrojó un OCH de 16.37%, pero la DMS fue de 1.72gr/cm³. Por otro lado, la aplicación del 8.5% de CFF tuvo un resultado no favorable, debido a que su aplicación redujo la densidad máxima seca. Finalmente, cabe recalcar que el 6.5% tuvo una mejor tendencia.

Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)

“El ensayo de CBR se desarrolló de acuerdo a la norma NTP 339.145 (ASTM D 1883), para suelos cohesivos a estos suelos les afecta la humedad de compactación y la densidad obtenida”.^[49]

Para el proceso de la interpolación del CBR fueron requeridos los resultados de la tesis que empleo diferentes dosificaciones de la ceniza de cascara de arroz, en la tabla 38 se encuentra los resultados. Por otro lado, en la tabla 37 se encuentran los

resultados aplicando la interpolación para poder obtener los resultados de la incorporación de la ceniza de fibra de fique.

Tabla 37. Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)

CBR (California Bearing Ratio)	
% CCA	CBR
0	2.85
4	4.52
7	7.80
10	2.00

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.

Calculo de CBR con **4.5%, 6.5% y 8.5%** de ceniza de ceniza de fibra de fique.

1. Calculo de **Y₁** con la interpolación lineal.

Para 4.5% de ceniza de fibra de fique	
4	4.52
4.5	Y₁
7	7.80

$$Y_1 = 4.52 + \left(\frac{7.8 - 4.52}{7 - 4} \right) (4.50 - 4.0) = 5.07$$

$$Y_1 = 5.07 \%$$

2. Calculo de **Y₂** con la interpolación lineal.

Para 6.5% de ceniza de fibra de fique	
4	4.52
6.5	Y₂
7	7.80

$$Y_2 = 4.52 + \left(\frac{7.8 - 4.52}{7 - 4} \right) (6.50 - 4.0) = 7.25$$

$$Y_2 = 7.25 \%$$

3. Calculo de **Y₃** con la interpolación lineal.

Para 8.5% de ceniza de fibra de fique	
7	7.80
8.5	Y₃
10	2.00

$$Y_3 = 7.8 + \left(\frac{2 - 7.8}{10 - 7} \right) (8.50 - 7.0) = 4.90$$

$$Y_3 = 4.90 \%$$

Tabla 38. CBR (California Bearing Ratio) con ceniza de fibra de fique.

Porcentaje de ceniza fibra de fique	CBR (%)
0.0%	2.85
4.5%	5.07
6.5%	7.25
8.5%	4.90

Fuente: Elaboración propia, 2020.

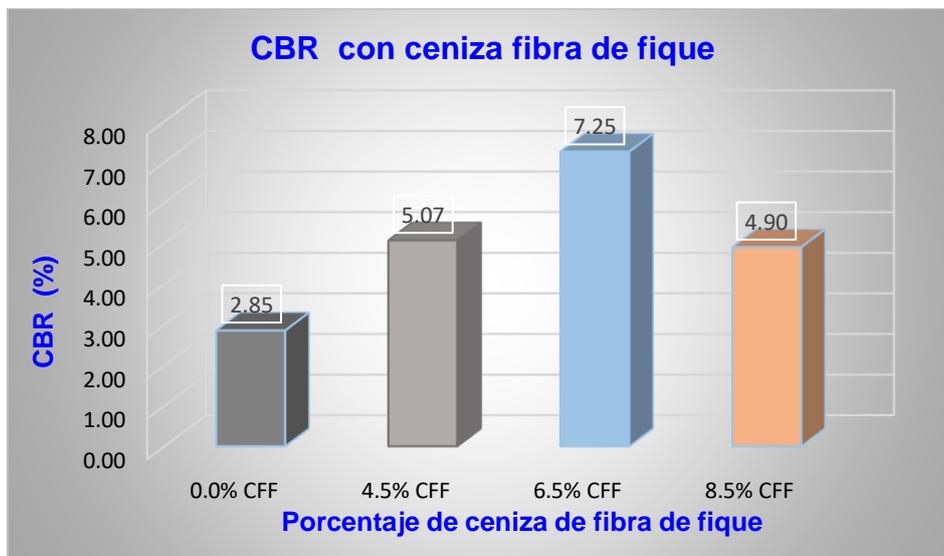


Figura 25. Histograma de CBR ceniza de fibra de fique.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

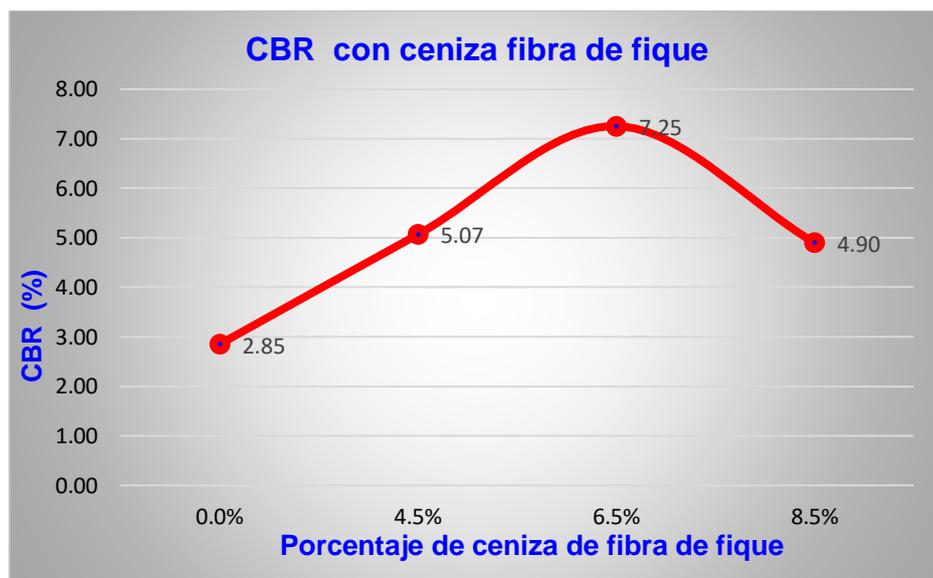


Figura 26. Histograma de CBR ceniza de fibra de fique.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Interpretación de CBR (*California Bearing Ratio*).

De la figura 28, los resultados obtenidos con aplicación de la interpolación muestran que la ceniza de fibra de fique tuvo un efecto favorable, donde los valores del 4.5% y 6.5% arrojaron un CBR del 5.07% y 7.25% respectivamente, estos fueron superiores a los del suelo patrón, donde se obtuvo un CBR del 2.85%, Por otro lado, la aplicación del 8.5% de CFF tuvo un resultado no favorable, debido a que su aplicación redujo el CBR a un 4.90%, también presentó una tendencia descendente. Finalmente, cabe recalcar que el 6.5% tuvo una mejor tendencia mejorando la capacidad portante del suelo.

Resumen de los resultados

Tabla 39. Resumen de los resultados del suelo natural.

Descripción	Resultado	Unidad
Ensayo de límite de consistencia		
Límite líquido	44.53	%
Límite plástico	24.51	%
Índice de plasticidad	20.02	%
Ensayo de proctor modificado		
Máxima densidad seca	1.72	g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	16.37	%
Ensayo de CBR		
CBR de diseño al 95% de MDS	2.85	%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 40. Resumen de los resultados del suelo con 4.5% de ceniza de fibra de fique.

Descripción	Resultado	Unidad
Ensayo límite de consistencia		
Límite líquido	34.86	%
Límite plástico	21.81	%
Índice de plasticidad	13.05	%
Ensayo de proctor modificado		
Máxima densidad seca	1.74	g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	16.37	%
Ensayo CBR		
CBR de diseño al 95% de MDS	5.07	%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 41. Resumen de los resultados del suelo con **6.5%** de ceniza de fibra de fique.

Descripción	Resultado	Unidad
Ensayo de límite de consistencia		
Límite líquido	28.98	%
Límite plástico	19.87	%
Índice de plasticidad	9.12	%
Ensayo de proctor modificado		
Máxima densidad seca	1.76	g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	17.82	%
Ensayo de CBR		
CBR de diseño al 95% de MDS	7.25	%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 42. Resumen de los resultados del suelo con **8.5%** de ceniza de fibra de fique.

Descripción	Resultado	Unidad
Ensayo de límite de consistencia		
Límite líquido	36.97	%
Límite plástico	22.19	%
Índice de plasticidad	14.78	%
Ensayo de proctor modificado		
Máxima densidad seca	1.73	g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	18.55	%
Ensayo de CBR		
CBR de diseño al 95% de MDS	4.90	%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

V. DISCUSIONES

Para el ensayo de **Límite Atterberg**, el cual está normado con la ASTM D 4318 y MTC E 111 para determinar la plasticidad del suelo, en donde la figura 27 de óxido de calcio y en la figura 28 de ceniza de fibra de fique muestran los valores mínimos en el índice de plasticidad. De esta manera, con 4.5% de óxido de calcio se logra obtener un IP de 17%. Por otro lado, 6.5% de la ceniza de fibra de fique alcanza una IP de 9.12%.

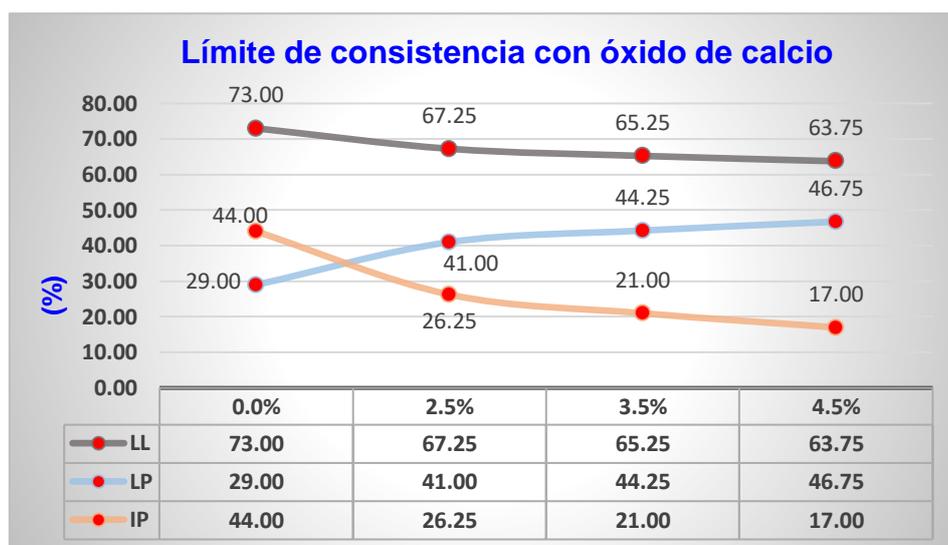


Figura 27. Diagrama de límite de consistencia de óxido de calcio.
Fuente: Elaboración propia, 2020

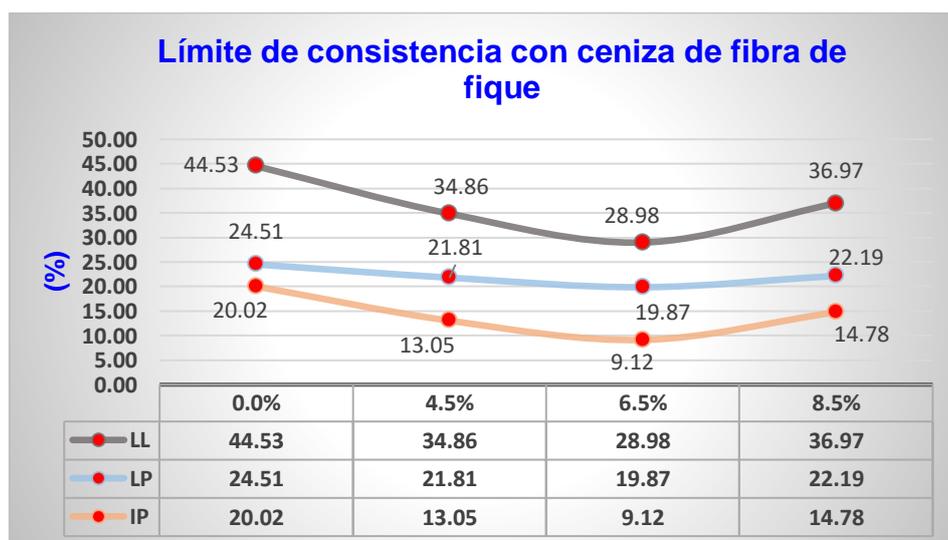


Figura 28. Diagrama de límite de consistencia de ceniza de fibra de fique.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Respecto al Antecedente, Gonzales (2015) en su investigación adicionó en porcentajes cal estructural directamente al suelo, luego de realizar la excavación de calicata, de esta manera se obtuvo 39.36% de límite líquido en el suelo natural y, adicionando 8% de cal estructural disminuyó a 23.45% de igual modo el índice de plasticidad del suelo natural era de 11.26%, pero adicionando el 8% de cal estructural disminuyó a 3.64% asimismo, con la aplicación del óxido de calcio se obtuvo resultados similares al reducirse el límite líquido y índice de plasticidad.

Barragán, Cuervo (2019) en su investigación adicionó en porcentajes la ceniza de cascarilla de arroz directamente al suelo natural, el límite líquido de suelo patrón es 40.05% y adicionando 1% de ceniza de cascarilla de arroz se logró disminuir a 18.56%, Asimismo el índice de plasticidad en el suelo natural era de 24% y al adicionar el 1% de ceniza de cascarilla de arroz disminuye a 8.04%, con la ceniza de fibra de fique se obtuvo resultados similares al reducirse el límite líquido y índice de plasticidad.

Respecto a la hipótesis: El óxido de calcio y la ceniza de fibra de fique disminuye la plasticidad de la sub rasante en el tramo Unión Leticia- Condorcocha, Junín, 2020. Por medio de la interpolación de límite líquido y límite plástico se afirma la influencia que tuvo las dosificaciones de óxido de calcio y la ceniza de fibra de fique en el terreno natural, ya que disminuyó el límite líquido, límite plástico y progresivamente el índice de plasticidad.

Respecto a la pregunta: ¿Cuánto influye el óxido de calcio y ceniza de fibra de fique en la plasticidad de la sub rasante en el tramo Unión Leticia- Condorcocha, Junín, 2020? Al iniciar el proyecto de tesis (en base al resultado del tesista), para la variable óxido de calcio el terreno natural fue clasificado como un suelo arcilloso con un contenido de humedad 44.00% en el índice de plasticidad y en la medida que se incorporó el óxido de calcio en 2.5%, 3.5% y 4.5% en el que mejor resultó en la disminución del contenido de humedad fue el 4.5% dando como resultado un índice de plasticidad de 17.00%. así mismo, para la variable ceniza de fibra de fique el terreno natural fue identificado como arcilla de baja plasticidad con un contenido de humedad 20.02% en el índice de plasticidad y en la medida que se incorporó la ceniza de fibra de fique en 4.5%, 6.5% y 8.5% el que resultó mejor en la disminución fue el 6.5% obteniendo un índice de plasticidad de 9.12% de esta manera se logró disminuir la plasticidad en el suelo arcilloso.

Para el ensayo de **Proctor modificado**, en cual esta normado con la ASTM D 1557 y MTC E 115 para determinar el óptimo contenido de humedad del suelo, en donde la figura 29 óxido de calcio con 4.5% aumenta su MDS a 1.73 gr/cm³ y disminuye el contenido de humedad. Así mismo en la figura 30 de ceniza de fibra de fique con 6.5% aumenta su MDS a 1.76 gr/cm³ finalmente logramos obtener los valores favorables para aumentar la compactación.

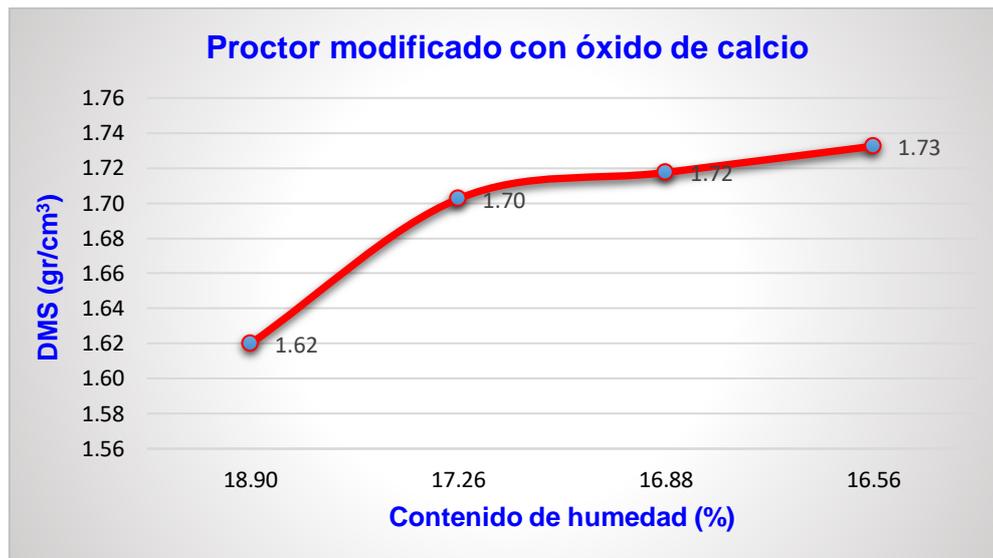


Figura 29. Diagrama de óptimo contenido de humedad con óxido de calcio.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

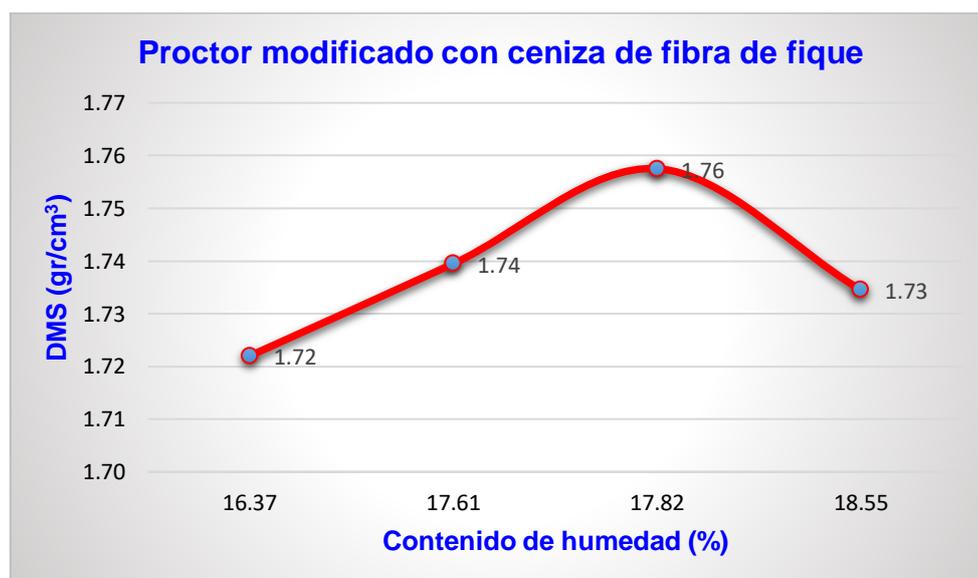


Figura 30. Diagrama de óptimo contenido de humedad con ceniza de fibra de fique.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Respecto al Antecedente, Gonzales (2015), en su investigación adicionó en porcentajes la cal estructural directamente al suelo para determinar el óptimo porcentaje de aditivo en la compactación, de esta manera se obtuvieron variaciones en la máxima densidad seca obteniendo 1.90 gr/cm^3 en el suelo natural y adicionando el 8% aumenta a 1.98 gr/cm^3 . Así mismo, el óptimo contenido de humedad dio como resultado 10.70% en suelo natural adicionando el 8% de cal estructural disminución a 10.21%. con el óxido de calcio se obtuvo resultados similares al incrementar la MDS y disminuir el OCH.

Barragán, Cuervo (2019) en su investigación adicionó en porcentajes la ceniza de cascarilla de arroz directamente al suelo natural, para determinar el óptimo porcentaje de la dosificación de aditivo en la compactación, de esta forma obtuvieron resultado en la máxima densidad seca de 1.62 gr/cm^3 en el suelo natural y adicionando el 1% de ceniza de cascarilla de arroz se aumentó a 1.64 gr/cm^3 . Así mismo, el óptimo contenido de humedad dio como resultado 24.5% en suelo natural adicionando el 1% de ceniza de cascarilla de arroz disminución a 23.7%. con la ceniza de fibra de fique se obtuvo resultados similares al incrementar la MDS y disminuir el OCH.

Respecto al hipótesis: El óxido de calcio y ceniza de fibra de fique aumenta la compactación en la sub rasante en el tramo Unión Leticia- Condorcocha, Junín, 2020. Por medio de la interpolación de ensayo de proctor modificado se afirma la influencia que tuvo las dosificaciones de óxido de calcio en el terreno natural, ya que aumentó la compactación en un suelo arcilloso teniendo incremento progresivamente la máxima densidad seca y disminuyendo el óptimo contenido de humedad también progresivamente la máxima densidad seca.

Respecto a la pregunta: ¿Cuánto influye el óxido de calcio y ceniza de fibra de fique en la compactación en la sub rasante en el tramo Unión Leticia- Condorcocha, Junín, 2020? Al iniciar el proyecto de tesis (en base al resultado del tesista), para la variable de óxido de calcio el terreno natural fue clasificado como un suelo arcilloso con un óptimo contenido de humedad de 18.90% en la medida que se incorporó el óxido de calcio en 2.5%, 3.5% y 4.5% el que mejor resultó en la disminución del óptimo contenido de humedad fue el 4.5% dando como resultado 16.56% y la máxima densidad seca en terreno natural 1.62 gr/cm^3 incrementando el 4.5% de óxido calcio aumenta a 1.73 gr/cm^3 . Así mismo, para la variable de

ceniza de fibra de fique el terreno natural fue identificado como arcilla de baja plasticidad con un óptimo contenido de humedad de 16.37% en la medida que se incorporó la ceniza de fibra de fique en 4.5%, 6.5% y 8.5% el óptimo contenido de humedad aumenta y la máxima densidad seca en el terreno natural presenta 1.72 gr/cm³, adicionando el 6.5% de ceniza de fibra de fique aumenta a 1.76gr/cm³, el que mejor aumenta la MDS es el del 7% que hizo llegar hasta un **1.81 gr/cm³** óptimo resultado matemático más favorable.

Para el ensayo de **CBR (California Bearing Ratio)**, el cual esta normado con la ASTM D 1883 y MTC E 132 para determinar la capacidad portante del suelo, en donde la figura 31 de óxido de calcio y en la figura 32 de ceniza de fibra de fique muestran los valores máximos en la capacidad portante con 4.5% de óxido de calcio se logra alcanza un CBR de 13.70%. Por otro lado, 6.5% de la ceniza de fibra de fique alcanza un CBR de 7.25% de esta manera se logra aumenta la resistencia en el suelo arcilloso.

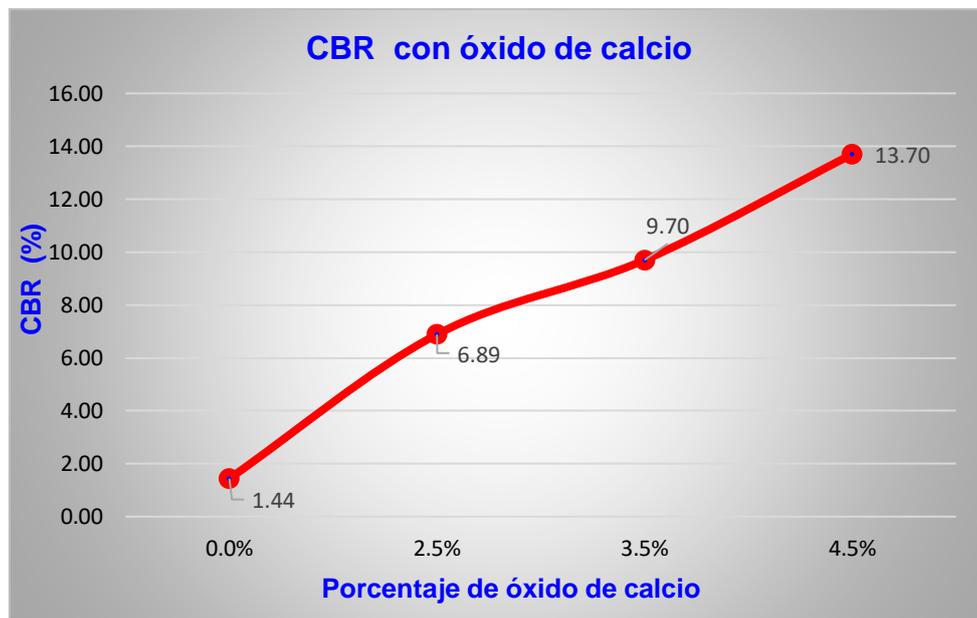


Figura 31. Histograma de CBR con óxido de calcio.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

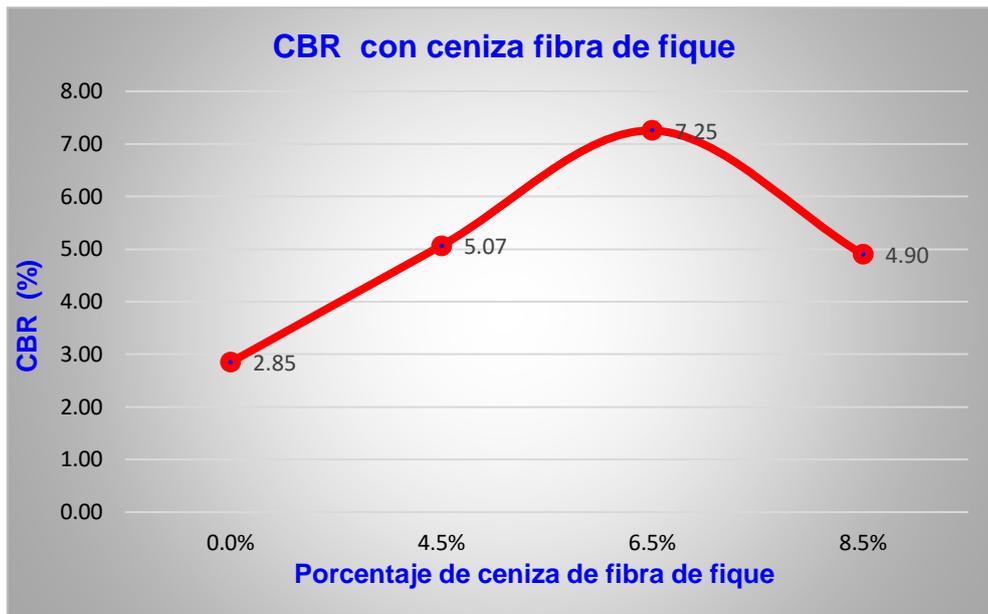


Figura 32. Histograma de CBR con ceniza de fibra de fique.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Respecto al Antecedente, Gonzales (2015) en su investigación adicionó en porcentajes la Cal Estructural directamente al suelo natural luego de excavación de la calicata, de esta manera se logró obtener una variación en la resistencia. En suelo natural se determinó un CBR de 5.20% y adicionando el 8% de cal estructural aumentó a 8.05%, con el óxido de calcio se obtuvo resultados similares al incrementar el CBR.

Barragán, Cuervo (2019) en su investigación adicionó en porcentajes la ceniza de cascarilla de arroz al suelo natural luego de excavación de la calicata, de esta manera se logró obtener una variación en la resistencia. En suelo natural se determinó un CBR de 1.6% y adicionando el 1% de cal estructural aumentó a 1.9%, con la ceniza de fibra de fique se obtuvo resultados similares al incrementar el CBR.

Respecto al hipótesis: El óxido de calcio y ceniza de fibra de fique aumenta la resistencia de la sub rasante en el tramo Unión Leticia- Condorcocha, Junín, 2020. Por medio de la interpolación de CBR se afirma la influencia que tuvo las dosificaciones de óxido de calcio y la ceniza de fibra de fique en el terreno natural, ya que aumentó la resistencia.

Respecto a la pregunta: ¿Cuánto influyo el óxido de calcio y ceniza de fibra de fique en la resistencia de la sub rasante en el tramo Unión Leticia- Condorcocha, Junín, 2020? Al iniciar el proyecto de tesis (en base al resultado del tesista), para la variable de óxido de calcio el terreno natural fue clasificado como un suelo arcilloso con un CBR de 1.44% en la medida que se incorporó el óxido de calcio en 2.5%, 3.5% y 4.5% en el que aumento mejor el CBR es 4.5% dando como resultado de un CBR de 13.70%. así mismo, para la variable de ceniza de fibra de fique el terreno natural fue identificado como arcilla de baja plasticidad con un CBR de 2.85% en la medida que se incorporó la ceniza de fibra de fique en 4.5%, 6.5% y 8.5% el que aumento mejor el CBR es 6.5% obteniendo una capacidad portante de 7.25%. De este modo se obtuvo logrando aumentar la resistencia en un suelo arcilloso.

VI. CONCLUSIONES

Determinar cuánto es la influencia del óxido de calcio y ceniza de fibra de fique en las propiedades de la sub rasante en el tramo Unión Leticia – Condorcocha, 2020.

Objetivo General: se determinó que la estabilización de la sub rasante con óxido de calcio y ceniza de fibra de fique, mejoran las características de la sub rasante de terreno natural encontrado en la carretera unión Leticia - Condorcocha del departamento de Junín, observando su evaluación en sus propiedades físicas y mecánicas, donde se logró inicialmente disminuir el contenido de humedad del límite líquido y el índice de plasticidad en los límites de atterberg, asimismo se logró aumentar la compactación del suelo con la aplicación de ensayo de proctor modificado. Finalmente, se logró aumentar la capacidad portante del terreno.

•Plasticidad

Suelo natural 0.0% LL = 73.00%, LP = 29.00%, IP = 44.00%

Óxido de calcio 2.5% LL = 67.25%, LP = 41.00%, IP = 26.25%

Óxido de calcio 3.5% LL = 65.25%, LP = 44.25%, IP = 21.00%

Óxido de calcio 4.5% LL = 63.75%, LP = 46.75%, IP = 17.00%

Suelo natural 0.0% LL = 44.53%, LP = 24.51%, IP = 20.02%

Ceniza de fibra de fique 4.5% LL = 34.86%, LP = 21.81%, IP = 13.05%

Ceniza de fibra de fique 6.5% LL = 28.98%, LP = 19.87%, IP = 9.12%

Ceniza de fibra de fique 8.5% LL = 36.97%, LP = 22.19%, IP = 14.78%

Objetivo específico 1: Se estableció la dependencia de los porcentajes de óxido de calcio y ceniza de fibra de fique en los ensayos de Límites de Atterberg, ya que influyeron en la disminución de la plasticidad, donde la aplicación de óxido de calcio en porcentajes de 2.5%, 3.5% y 4.5% disminuyeron los porcentajes del suelo natural en un 17.75%, 23% y 27% respectivamente, asimismo con la aplicación de ceniza de fibra de fique se logró disminuir en 6.97%, 10.9% y 5.24%, en consecuencia la influencia está directamente relacionada con los porcentajes propuestos. De esta manera queda por comprobado que los porcentajes empleados, si reducen la plasticidad.

• Compactación

Suelo natural 0.0% DMS = 1.62 gr/cm³, OCH = 18.90%

Óxido de calcio 2.5% DMS = 1.70 gr/cm³, OCH = 17.26%

Óxido de calcio 3.5% DMS = 1.72 gr/cm³, OCH = 16.88%

Óxido de calcio 4.5% DMS = 1.73 gr/cm³, OCH = 16.56%

Suelo natural 0.0% DMS = 1.72 gr/cm³, OCH = 16.37%

Ceniza de fibra de fique 4.5% DMS = 1.74 gr/cm³, OCH = 17.61%

Ceniza de fibra de fique 6.5% DMS = 1.76 gr/cm³, OCH = 17.82%

Ceniza de fibra de fique 8.5% DMS = 1.73 gr/cm³, OCH = 18.55%

Objetivo específico 2: Se estableció la dependencia de los porcentajes de óxido de calcio y ceniza de fibra de fique en los ensayos de proctor modificado, ya que influyeron en el aumento de la compactación, para ello en la relación de densidad máxima seca y óptimo contenido de humedad se establecieron los valores que permitan lograr el propósito, donde la aplicación de óxido de calcio aumento la densidad máxima seca, por encima del suelo natural con una diferencia de 0.08 gr/cm³, 0.09 gr/cm³ y 0.1 gr/cm³, así también para el óptimo contenido de humedad se obtuvo 1.64%, 2.02% y 2.34% respectivamente. Del mismo modo, para la ceniza de fibra de fique aumento la densidad en 0.02 gr/cm³, 0.04 gr/cm³ y 0.01 gr/cm³, sin embargo, para el óptimo contenido de humedad los valores aumentan con una diferencia de 1.24%, 1.45% y 2.18%, finalmente, queda por comprobado que los porcentajes empleados, si aumentan la compactación del suelo.

• Resistencia

Suelo natural 0.0% CBR = 1.44%

Óxido de calcio 2.5% CBR = 6.89%

Óxido de calcio 3.5% CBR = 9.70%

Óxido de calcio 4.5% CBR = 13.70%

Suelo natural 0.0% CBR = 2.85%

Ceniza de fibra de fique 4.5% CBR = 5.07%

Ceniza de fibra de fique 6.5% CBR = 7.25%

Ceniza de fibra de fique 8.5% CBR = 4.90%

Objetivo Específico 3: Se estableció la dependencia de los porcentajes de óxido de calcio y ceniza de fibra de fique en los ensayos de california bearing ratio (CBR), ya que influyeron la resistencia, donde la aplicación de óxido de calcio en porcentajes de 2.5%, 3.5% y 4.5% aumentaron los porcentajes del suelo natural con una diferencia de 5.45%, 8.26% y 12.26%, asimismo con la aplicación de ceniza de fibra de fique se logró aumentar la resistencia con una diferencia de 2.22%, 4.4% y 2.05%, en consecuencia la influencia está directamente relacionada con los porcentajes propuestos. De esta manera queda por comprobado que los porcentajes empleados, si aumenta la resistencia.

VII. RECOMENDACIONES

Suelo natural 0.0% LL = 73.00%, LP = 29.00%, IP = 44.00%

Óxido de calcio 2.5% LL = 67.25%, LP = 41.00%, IP = 26.25%

Óxido de calcio 3.5% LL = 65.25%, LP = 44.25%, IP = 21.00%

Óxido de calcio 4.5% LL = 63.75%, LP = 46.75%, IP = 17.00%

Suelo natural 0.0% LL= 44.53%, LP = 24.51%, IP = 20.02%

Ceniza de fibra de fique 4.5% LL = 34.86%, LP = 21.81%, IP = 13.05%

Ceniza de fibra de fique 6.5% LL = 28.98%, LP = 19.87%, IP = 9.12%

Ceniza de fibra de fique 8.5% LL = 36.97%, LP = 22.19%, IP = 14.78%

Objetivo Específico 1: En la presente investigación al elegir porcentajes de óxido de calcio y ceniza de fibra de fique que iban desde un 2.5% hasta un 4.5% y 4.5% hasta 8.5% respectivamente, donde al aplicar óxido de calcio se logra disminuir la plasticidad. Asimismo, con la aplicación de ceniza de fibra de fique se logra disminuir la plasticidad. Finalmente, para continuar la investigación recomendamos incrementar mayor al 4.5% de óxido de calcio de ese modo encontrar el óptimo porcentaje a emplear. Sin embargo, para la ceniza de fibra de fique se recomienda solo emplear hasta el 6,5% que es el óptimo calculado, pasado ese valor la plasticidad va en aumento.

Suelo natural 0.0% DMS = 1.62 gr/cm³, OCH = 18.90%

Óxido de calcio 2.5% DMS = 1.70 gr/cm³, OCH = 17.26%

Óxido de calcio 3.5% DMS = 1.72 gr/cm³, OCH = 16.88%

Óxido de calcio 4.5% DMS = 1.73 gr/cm³, OCH = 16.56%

Suelo natural 0.0% DMS = 1.72 gr/cm³, OCH = 16.37%

Ceniza de fibra de fique 4.5% DMS = 1.74 gr/cm³, OCH = 17.61%

Ceniza de fibra de fique 6.5% DMS = 1.76 gr/cm³, OCH = 17.82%

Ceniza de fibra de fique 8.5% DMS = 1.73 gr/cm³, OCH = 18.55%

Objetivo Específico 2: Para la compactación al elegir porcentajes de óxido de calcio y ceniza de fibra de fique que iban desde un 2.5% hasta un 4.5% y 4.5% hasta 8.5% respectivamente, donde al aplicar óxido de calcio y ceniza de fibra de fique se logró aumentar la compactación. Finalmente, para continuar la investigación recomendamos incrementar mayor al 4.5% de óxido de calcio de eso modo encontrar el óptimo porcentaje a emplear. Sin embargo, para la ceniza de

fibra de fique se recomienda solo emplear hasta el 6,5% que es el óptimo calculado, pasado ese valor la compactación disminuye.

Suelo natural 0.0% CBR = 1.44%

Óxido de calcio 2.5% CBR = 6.89%

Óxido de calcio 3.5% CBR = 9.70%

Óxido de calcio 4.5% CBR = 13.70%

Suelo natural 0.0% CBR = 2.85%

Ceniza de fibra de fique 4.5% CBR = 5.07%

Ceniza de fibra de fique 6.5% CBR = 7.25%

Ceniza de fibra de fique 8.5% CBR = 4.90%

Objetivo Específico 3: Para la resistencia al elegir porcentajes de óxido de calcio y ceniza de fibra de fique que iban desde un 2.5% hasta un 4.5% y 4.5% hasta 8.5% respectivamente, donde al aplicar óxido de calcio y ceniza de fibra de fique se logró aumentar la resistencia. Finalmente, para continuar la investigación recomendamos incrementar mayor al 4.5% de óxido de calcio de eso modo encontrar el óptimo porcentaje a emplear. Sin embargo, para la ceniza de fibra de fique se recomienda solo emplear hasta el 6,5% que es el óptimo calculado, pasado ese valor la resistencia disminuye.

REFERENCIAS

1. TESEMA ADVISOR, Ga. *Expansive Soil Stabilization By Sugare Cane Molasses*. Tesis para optar el título de Maestría en Ciencias e Ingeniería Civil, Universidad Addis Ababa, Facultad de Ingeniería, 2016, pág. 9.
2. Durotoye, T.O, Akinmusuru, J.O, Ogbiye, A.S, Bamigboye, G.O. *Effect of Common Salt on the Engineering Properties of Expansive Soil*. *Centre of profesional reserrch publications*. Vol.6 (7): 233-241, July-2016, pág. 2.
ISSN: 2049-3444 Disponible en.
<https://pdfs.semanticscholar.org/858f/abc68b54ba275a87f17d6150fb44f9ec4add.pdf>
3. CUADROS SURICHAQUI, C M. *Mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de la sub rasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con oxido de calcio-2016*, Tesis para optar título profesional título de Ingeniero Civil, Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, 2017, pág. 82.
4. CUADROS SURICHAQUI, C M. *Mejoramiento de las propiedades físico-Omecánicas de la sub rasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con oxido de calcio-2016*, Tesis para optar título profesional título de Ingeniero Civil, Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, 2017, pág. 83.
5. CUADROS SURICHAQUI, C M. *Mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de la sub rasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con oxido de calcio-2016*, Tesis para optar título profesional título de Ingeniero Civil, Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, 2017, pág. 2.
6. LLAMOGA VÁSQUEZ, L. *Evaluación del Potencial de Expansión y Capacidad Portante de Suelos Arcillosos Usados en Sub rasantes al Adicionar Ceniza de*

- Cascarilla de Arroz, Cajamarca 2016*. Tesis Para optar el título de Maestría en Ciencias e Ingeniería Civil. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, 2016, pág. 1.
7. PALLA APAZA, E. E. *Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en la provincia de san Román*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, 2015, pág. 2.
 8. GONZALES GARCIA, A. *Determinación de la resistencia de la sub rasante incorporada cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 Mollepampa de Cajamarca, 2015*. Tesis de pregrado para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, 2015, pág. 3.
 9. GAVILANES BAYAS, E. *Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal y Cemento Para una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur*. tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Internacional de Ecuador, Ecuador, 2015, pág. 1.
 10. GUAMÁN ILER, I. *Estudio del Comportamiento de un Suelo Arcilloso Estabilizado por Dos Métodos Químicos (Cal Y Cloruro De Sodio)*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato, 2016, pág. 2
 11. BARRAGÁN GARZÓN, C. y CUERVO CAMACHO, H. *Análisis del Comportamiento Físico Mecánico de la Adición de Ceniza de Cascarilla de Arroz de la Variedad Blanco a un Suelo Areno arcilloso*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Piloto de Colombia Sección Alto Magdalena, Facultad de Ingeniería, Magdalena, 2019, 2.
 12. MORALES ZULUAGA, D. *Assessment of Coal ash for soil stabilization by alkaline activation and its use on unpaved roads*. Tesis de pregrado, Medellín: Universidad de Medellín, Medellín, 2015, pág. 3.

13. ALTAMIRANO NAVARRO, G y DIAS SANDINO, A. de pregrado para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Tesis de pregrado para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN – Managua, Potosí, 2015, pág. 3.
14. ANKIT, P. *Study of the shear force adding lime and fly ash of carbon in the soils of Yamuna*. Vol. 3(5) 5-8, 2015, pág. 6. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/334146980_shear_force_adding_lime_and_fly
15. MAMADUO D. y YESIM U. *Stabilization of Clay Soils Using Fly Ash, Research Article, Black Sea Journal of Engineering and Science*. Vol 2(3) 81-87, 2019, pág. 83. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/334146980_STABILIZATION_OF_CLAY_SOILS_USING_FLY_ASH
16. RICARDO G. BUENAVENTURA C. y ORTIZ A. *Stabilization of a Clayey Soil through the use of Cuesco Ash African palm and lime, University of Colobian* Vol 2(2) 6-7, 2016, pág. 6. Disponible en:
<https://www.onepetro.org/conference-paper/ISRM-ICSR-2016-093>
17. LEITE R, CARDOSO R, CARDOSO C, CAVALCANTE E. y DE FREITAS O. *Lime stabilization of expansive soil from Setgipe – Brazil*. Vol. 9(10) 1-5 -2016, pág. 3. Disponible en:
<https://www.semanticscholar.org/paper/Lime-stabilization-of-expansive-soil-from-Sergipe-Leite-Cardoso/d9d8aaa1d8331913ca036cfbc51713a17f4b5afd>
18. MAMANI CUTIPA, C. *Influencia De Aceites Residuales De Vehículos Motorizados En Los Parámetros De Resistencia De Suelos Finos*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Nacionales del Altiplano, Facultad De Ingeniería Civil y Arquitectura, Puno, 2017, pág. 22.

19. Manual De Ensayo De Materiales 2013, pág, 49. Disponible en:
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html
20. LÓPEZ SUMARRIVA, J.J. y ORTIZ PINARES, G. *Estabilización de Suelos Arcillosos con Cal Para el Tratamiento de la Sub rasante en las Calles de la Urbanización San Luis De La Ciudad De Abancay*. Tesis para optar título profesional título de Ingeniero Civil, Universidad Tecnológica de los Andes, Facultad de Ingeniería, Apurímac, 2018, pág. 68.
21. ALVARADO, S. y BAQUERO, M. *Calibración de Cono Miniatura de Laboratorio Para Determinar el Limite Liquido de los Suelos*. Trabajo especial de grado para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Católica Adres Bello, Facultad de Ingeniería, 2011, pág. 68.
22. MAMANI BARRIGA, L.E. y YATACO QUISPE, A.J. *Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho*. Tesis de pregrado para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad San Martín de Porres, Lima, 2017, pág. 47.
23. KOKILA Ms, BHAVITHRA G, HEMAPRIYA V, INIYA C y MASHUNIGGA P. *Experimental Investigation on Soil Stabilisation Using Rubber Crumbs on Expansive Soil. World Journal of Research and Review. Vol.4 (4) 16-19 April – 2017, pág. 18.*
ISSN: 2455-3956 Disponible en:
<https://www.neliti.com/publications/262827/experimental-investigation-onsoil-stabilisation-using-rubber-crumbs-on-expansiv>
24. LÓPEZ SUMARRIVA, J.J. y ORTIZ PINARES, G. *Estabilización de Suelos Arcillosos con Cal Para el Tratamiento de la Sub rasante en las Calles de la Urbanización San Luis De La Ciudad De Abancay*. Tesis para optar título

profesional título de Ingeniero Civil, Universidad Tecnológica de los Andes, Facultad de Ingeniería, Apurímac, 2018, pág. 34.

25. GUTIÉRREZ MONTES, C.A. *Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del Cloruro de Magnesio (Bischofita) frente al Cloruro de Calcio*. Tesis para optar título profesional título de Ingeniero Civil, Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, Lima, 2010, pág. 54.
26. BALDEÓN CAJO, J. *Estudio De Retención de Metales Pesados en Aguas Sintéticas (Preparadas en el Laboratorio) Utilizando Como Lecho Filtrante La Fibra de Cabuya Furcraea Andina Como Alternativa de Biorremediación*. Tesis (Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Ambiental). Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Riobamba, 2013, pág. 25.
27. PEREYRA, C. *Influencia Del Cemento Portland Tipo I en la Estabilización del Suelo Arcilloso de la Sub rasante de la Avenida Dinamarca, Sector La Molina*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, Cajamarca, 2018, pág. 37.
28. SÁNCHEZ ALBÁN, M.A. *Estabilización de Suelos Expansivos con Cal y Cemento en el Sector Calcical del Cantón Tosagua Provincia de Manabí*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Quito, 2014, pág. 52.
29. HIDALGO RAMIREZ, F.S. y SAAVEDRA SALAZAR, J. A. *Análisis de la adición de cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar en la sub rasante de pavimentos para la estabilización de suelos arcillosos en el departamento de San Martín*. Para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú, 2020, pág. 24.

30. VALDERRAMA S. *Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica*. [en línea]. 1. ° ed. Lima: Editorial San Marcos, 2007, pág. 31. Disponible en: http://www.biblioteca.une.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=56846&shelfbrowse_itemnumber=76143
31. HERNANDEZ, R. FERNANDEZ, C. y BAUTISTA, M. *Metodología de la investigación*. [en línea]. 6. ° ed. México: McGRAW-WILL/ Interamericana editores, 2014, pág. 129.
ISBN: 978-1-4562-2396-0. Disponible en:
https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
32. HERNANDEZ, R. FERNANDEZ, C. y BAUTISTA, M. *Metodología de la investigación*. [en línea]. 6. ° ed. México: McGRAW-WILL/ Interamericana editores, 2014, pág. 4.
ISBN: 978-1-4562-2396-0. Disponible en:
https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
33. VALDERRAMA S. *Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica*. [en línea]. 1. ° ed. Lima: Editorial San Marcos, 2007, pág. 140. Disponible en: http://www.biblioteca.une.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=56846&shelfbrowse_itemnumber=76143
34. BORJA SUAREZ, M. *Metodología de la Investigación Científica para ingenieros*, 2016, pág. 8.
35. HERNANDEZ, R. FERNANDEZ, C. y BAUTISTA, M. *Metodología de la investigación*. [en línea]. 6. ° ed. México: McGRAW-WILL/ Interamericana editores, 2014, pág. 174.
ISBN: 978-1-4562-2396-0. Disponible en:
https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

36. HERNANDEZ, R. FERNANDEZ, C. y BAUTISTA, M. *Metodología de la investigación*. [en línea]. 6. ° ed. México: McGRAW-WILL/ Interamericana editores, 2014, pág. 173.
ISBN: 978-1-4562-2396-0. Disponible en:
https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
37. VALDERRAMA S. *Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica*. [en línea]. 1. ° ed. Lima: Editorial San Marcos, 2007, pág. 193.
Disponible en: http://www.biblioteca.une.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=56846&shelfbrowse_itemnumber=76143
38. ÑAUPAS PAITAN, H. VALDIVIA DUEÑAS, M.R. PALACIOS VILELA, J.J. ROMERO DELGADO, H.E. *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. en línea]. 5 ° ed. Bogotá - México: Editorial de la U, 2018, pág. 334.
ISBN 978-958-762-876-0 e-ISBN 978-958-762-877-7. Disponible en:
<https://corladancash.com/wp-content/uploads/2020/01/Metodologia-de-la-inv-cuanti-y-cuali-Humberto-Naupas-Paitan.pdf>
39. NIÑO ROJAS, V.M. *Metodología de la investigación*. [en línea]. 21. ° ed. Bogotá: Ediciones de la U, 2011, pág. 55.
ISBN 978-958-8675-94-7 Disponible en:
<http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/3243/1/METODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION%20DISENO%20Y%20EJECUCION.pdf>
40. HERNANDEZ, R. FERNANDEZ, C. y BAUTISTA, M. *Metodología de la investigación*. [en línea]. 6. ° ed. México: McGRAW-WILL/ Interamericana editores, 2014, pág. 201.
ISBN: 978-1-4562-2396-0. Disponible en:
https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

41. HERNANDEZ, R. FERNANDEZ, C. y BAUTISTA, M. *Metodología de la investigación*. [en línea]. 6. º ed. México: McGRAW-WILL/ Interamericana editores, 2014, pág. 201.
ISBN: 978-1-4562-2396-0. Disponible en:
https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf7
42. HERNANDEZ, R. FERNANDEZ, C. y BAUTISTA, M. *Metodología de la investigación*. [en línea]. 6. º ed. México: McGRAW-WILL/ Interamericana editores, 2014, pág. 200.
ISBN: 978-1-4562-2396-0. Disponible en:
https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
43. GARCIA GONZÁLES, S. *Aplicabilidad Del Método Del Cono Para Medir Los Límites Líquido Y Plástico De Suelos De Guatemala*. Trabajo para graduación, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala, 2013, pág. 42.
44. CHIRINOS QUISPE, J.C. *Efecto de la energía de compactación en la densidad seca máxima y contenido óptimo de humedad del suelo granular de la cantera el Gavilán*, 2015, Tesis para optar título profesional título de Ingeniero Civil, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, 2016, pág.18.
45. LLANOS SANCHEZ, A.H y REYES PÉREZ, S.K. *estudio comparativo de los ensayos california bearing ratio (CBR) de laboratorio y penetración dinámica de cono (PDC) en la localidad de Picsi*, Tesis para optar título profesional título de Ingeniero Civil, Universidad Señor de Sipán, Picsi, 2017, pág. 22.
46. MOALE QUISPE, A. y RIVERA JUSTO, E. *Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como sub rasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica*. Tesis de pregrado, Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2019, pág. 28.

47. OCON INFANTE, J. *Influencia del índice plástico en el contenido óptimo de humedad en suelo arcilloso*. Tesis para optar título profesional título de Ingeniero Civil, Universidad de Nacional de Cajamarca, Cajamarca, 2013, pág. 33.
48. GARCIA LIBERATO, D.A. y ROMERO NARANJO, A. *Verificación de Resistencia Entre la Estabilización de Suelo – Cemento y la Estabilización con Suelo – Cemento y Fibra de Fique*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Ibagué, Facultad de Ingeniería, Ibagué, 2019, pág. 23.
49. CUELLAR TENORIO, D. y VEGA FRÍAS, G. *Estabilización De Sub rasante De Suelos Inadecuados Con Geo sintético Producido De Botellas Plásticas Recicladas*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Jaén, Facultad de Ingeniería, Jaén, 2020

ANEXOS

Anexo 1

Tabla 43: Matriz de operacionalización.

Incorporación de óxido de calcio y fibra de fique para el mejoramiento de la sub rasante en el tramo Unión Leticia-Condorcocha, Junín, 2020.						
AUTORES	VEGA CAHUANA, KENNY GROBERTH Y TAYPE SANCHEZ MIGUEL					
Tipo de variable	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento Escala de
INDEPENDIENTE	ÓXIDO DEL CALCIO	El óxido de calcio, sola o en combinación con otros materiales, puede ser utilizada para tratar una gama de tipos de suelos. Las propiedades mineralógicas de los suelos determinarán su grado de reactividad con la cal y la resistencia final que las capas estabilizadas desarrollarán (Nacional Lime Association, 2002, p.7) .	Es un proceso que se va a desarrollar con el fin de dar una solución al problema. Las variables se identifican, así como las dimensiones con sustento teórico. Los indicadores que son los que miden a dicha dimensión. A partir del indicador se formula las preguntas del instrumento, que será aplicado a unidad de análisis	Dosificación con óxido de calcio	2.5%	BALANZA
					3.5%	
					4.5%	
	CENIZA DE FIBRA DE FIQUE	Es una planta típica de las yungas y vertientes occidentales andinas. Este vegetal tiene múltiples usos: de su fibra se hacen hilos, de sus hojas papel de sus espinas agujas, y sus hojas jabonosas sirven como detergente. Además, el fique es una especie de planta endémico del Perú. Crece en toda la costa a excepción de cerro Chimbote y el cerro Campana, en Trujillo (Becerra, 2016, p.23).		Dosificación con ceniza de fibra de fique	4.5%	
					6.5%	
					8.5%	
DEPENDIENTE	SUB RASANTE	La sub rasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que soportará la estructura del pavimento, y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito (MTC, 2013, p. 23).	Indice de Plasticidad	Límite Líquido (LL)	Ensayo de proctor modificado, ensayo CBR, ensayo de atterberg.	
				Límite Plástico (LP)		
				Proctor Modificado		
Capacidad portante del suelo	CBR					

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 2

Tabla 44: Matriz de consistencia.

TÍTULO						
Incorporación de óxido de calcio y fibra de fique para el mejoramiento de la sub rasante en el tramo Unión Leticia- Condorcocha, Junín, 2020.						
AUTORES						
VEGA CAHUANA, KENNY GROBERTH Y TAYPE SANCHEZ MIGUEL						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOSTESIS	VARIABLE, INDICADOR E INSTRUMENTO			
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	V. DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
¿Cuánto influyo la incorporación de óxido de calcio y ceniza de fibra de fique en las propiedades de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020?	Determinar cuánto influyo la incorporación de óxido de calcio y ceniza de fibra de fique en las propiedades de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020.	El óxido de calcio y ceniza de fibra de fique influyeron en las propiedades de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020.	SUB RASANTE	PLASTICIDAD	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, ÍNDICE DE PLASTICIDAD	ENSAYOS LÍMITES DE ATTERBERG (Ficha técnica)
				COMPACTACIÓN	MÁXIMA DENSIDAD SECA	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (Ficha técnica)
					ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDDA	
RESISTENCIA	CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB RASANTE	ENSAYO DE CBR (Ficha técnica)				
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICO	HIPOTESIS ESPECIFICA	V. INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
¿Cuánto influyo el óxido de calcio y ceniza de fibra de fique en la plasticidad de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020?	Determinar cuánto influyo la dosificación del 2.5%, 3.5% y 4.5% de óxido de calcio y 4.5%, 6.5% y 8.5% de ceniza de fibra de fique en la plasticidad de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020.	El óxido de calcio y ceniza de fibra de fique disminuye la plasticidad de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020.	ÓXIDO DE CALCIO	DOSIFICACIÓN	Suelo + 2.5% de CaO	BALANZA
					Suelo + 3.5% de CaO	
					Suelo + 4.5% de CaO	
¿Cuánto influyo el óxido de calcio y ceniza de fibra de fique en la compactación de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020?	Determinar cuánto influyo la dosificación del 2.5%, 3.5% y 4.5% de óxido de calcio y 4.5%, 6.5% y 8.5% de ceniza de fibra de fique en la compactación de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020.	El óxido de calcio y ceniza de fibra de fique aumenta la compactación de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020.	CENIZA DE FIBRA DE FIQUE	DOSIFICACIÓN	Suelo + 4.5% de CFF	
					Suelo + 6.5% de CFF	
¿Cuánto influyo el óxido de calcio y ceniza de fibra de fique en la resistencia de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020?	Determinar cuánto influyo la dosificación del 2.5%, 3.5% y 4.5% de óxido de calcio y 4.5%, 6.5% y 8.5% de ceniza de fibra de fique en la resistencia de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020.	El óxido de calcio y ceniza de fibra de fique aumenta la resistencia de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020.			Suelo + 8.5% de CFF	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 3

Tabla 45: *Declaratoria de Originalidad del Autores*

Declaratoria de Originalidad del Autores

Nosotros, Vega Cahuana, Kenny Groberth y Taype Sanchez, Miguel, egresados de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, Sede Lima Norte, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulada: "Incorporación de óxido de calcio y fibra de fique para el mejoramiento de la sub rasante en el tramo Unión Leticia - Condorcocha, Junín, 2020", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Lima 30 de Noviembre del 2020

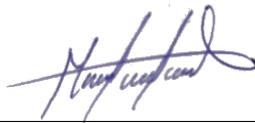
Apellidos y Nombres del Autor Vega Cahuana, Kenny Groberth	
DNI: 72199976	Firma 
ORCID: org/ 0000-0003-1887-2176	
Apellidos y Nombres del Autor Taype Sanchez, Miguel	
DNI: 71885033	Firma 
ORCID: org/ 0000-0002-2060-8932	

Tabla 46: Normas legales de cuarentena focalizada de los departamentos.

DIARIO OFICIAL DEL BICENTENARIO		
 El Peruano FUNDADO EL 22 DE OCTUBRE DE 1825 POR EL LIBERTADOR SIMÓN BOLÍVAR		
Gerente de Publicaciones Oficiales: Ricardo Montero Reyes		"AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD"
NORMAS LEGALES		
Año XXXVII - Nº 15608	VIERNES 28 DE AGOSTO DE 2020	1
EDICIÓN EXTRAORDINARIA		
SUMARIO		
PODEREJECUTIVO		
PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTROS		
D.S. Nº 146-2020-PCM.- Decreto Supremo que modifica el Decreto Supremo Nº 116-2020-PCM, Decreto Supremo que establece las medidas que debe seguir la ciudadanía en la nueva convivencia social y Prorroga el Estado de Emergencia Nacional por las graves circunstancias que afectan la vida de la nación a consecuencia del COVID-19, modificado por los Decretos Supremos Nº 129-2020-PCM, Nº 135-2020-PCM y Nº 139-2020-PCM		1
SALUD		
D.S. Nº 027-2020-SA.- Decreto Supremo que Prorroga la Emergencia Sanitaria declarada por Decreto Supremo Nº 008-2020-SA, prorrogada por Decreto Supremo Nº 020-2020-SA		6

Fuente: El Peruano, 2020.

señalan en el cuadro adjunto, en los cuales está permitido el desplazamiento de las personas únicamente para la prestación y acceso a servicios y bienes esenciales, así como para la prestación de servicios de las actividades económicas autorizadas a la entrada en vigencia del presente decreto supremo.

CUARENTENA FOCALIZADA	
DEPARTAMENTO 8	PROVINCIA 8
CUSCO	TODAS
MOQUEGUA	TODAS
PUNO	TODAS
TACNA	TODAS
AMAZONAS	BAGUA
	CHACHAPOYAS
	CONDORCANQUI
	UTCUBAMBA
ANCASH	SANTA
	CASMA
	HUARAZ
	HUARMAY
APURIMAC	ABANCAY
AREQUIPA	CAMANÁ
	IBLAY
	CAILLOMA
	CASTILLA
AYACUCHO	HUAMANGA
	HUANTA
	LUCANAS
	PARINACOCNAS
CAJAMARCA	CAJAMARCA
	JAÉN
HUANCVELICA	HUANCVELICA
	ANGARAES
	TAYACAJA
HUÁNUCO	HUÁNUCO
	LEONCIO PRADO
	PUERTO INCA
	HUMALTES
ICA	ICA
	PISCO
	NASCA
	PALPA

JUNÍN	HUANCAYO
	SATIPO
	CHANCHAMAYO
LA LIBERTAD	TRUJILLO
	PACASMAYO
	CHEPÉN
	ASCOPE
	SÁNCHEZ CARRIÓN
	VIRÚ
LIMA	BARRANCA
	CAÑETE
	HUALURA
	HUARAL
MADRE DE DIOS	TAMBOPATA
PISCO	PISCO
	OXAPAMPA

Artículo 3.- Modificación del numeral 3.1 del artículo 3 del Decreto Supremo N° 116-2020-PCM, modificado por Decretos Supremos N° 129-2020-PCM, N° 135-2020-PCM y N° 139-2020-PCM

Modifícase el numeral 3.1 del artículo 3 del Decreto Supremo N° 116-2020-PCM, conforme al siguiente texto:

Artículo 3.- Limitación al ejercicio del derecho a la libertad de tránsito de las personas

3.1. Durante la vigencia del Estado de Emergencia Nacional, se dispone la inmovilización social obligatoria de todas las personas en sus domicilios desde las 22:00 horas hasta las 04:00 horas del día siguiente, de lunes a sábado a nivel nacional, con excepción de los departamentos de Cusco, Moquegua, Puno y Tacna; y de las provincias de Bagua, Chachapoyas, Condorcanqui y Utcubamba del departamento de Amazonas, las provincias de Santa, Casma, Huaraz y Huarmey del departamento de Ancash, la provincia de Abancay del departamento de Apurímac, las provincias de Camaná, Icaja, Cailloma y Castilla del departamento de Arequipa, las provincias de Huamanga, Huanta, Lucanas y Parinacochas del departamento de Ayacucho, las provincias de Cajamarca y Jaén del departamento de Cajamarca, las provincias de Huancavelica, Angaraes y Tayacaja del departamento de Huancavelica, las provincias de Huánuco, Leoncio Prado, Puerto Inca y Humaltes del departamento de Huánuco, las provincias de Ica, Pisco, Nasca y Palpa del departamento de Ica, las provincias de Huancayo, Satipo y Chanchamayo del departamento de Junín, las provincias de Trujillo, Pacasmayo, Chepén, Ascope, Sánchez Carrión y Virú del departamento de La Libertad, las provincias de Barranca, Cañete, Hualura y Huaral

Anexo 5

Tabla 47: Resultado de ensayo de límite atterberg – Tesis 1.

Tabla 31. Influencia del cemento Portland Tipo I en el índice de plasticidad del suelo arcilloso más desfavorable

Ítem	Porcentaje de cemento Portland Tipo I			
	0	1	3	5
Límite líquido (LL)	73	71	66	63
Límite plástico (LP)	29	35	43	48
Índice de plasticidad (IP)	44	36	23	15

Fuente: Velásquez Pereyra, César 2018.

Anexo 6

Tabla 48: Resultado de ensayo de proctor modificado – Tesis 1

Tabla 50. Proctor modificado de la muestra de suelo arcilloso más desfavorable sin adición de cemento

PORCENTAJE CEMENTO PORTLAND TIPO I: 0%										
MÉTODO DE ENSAYO: A					PROFUNDIDAD DE ESTRATO: 0.35 m - 1.50 m					
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN: 2 700 kN-m/m ³					FECHA DE ENSAYO: AGOSTO DE 2017					
ESPECIMEN	1	2	3	4	5					
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5	5	5					
GOLPES POR CAPA	25	25	25	25	25					
PESO MOLDE (gr)	4078	4078	4078	4078	4078					
PESO MOLDE+M.HÚMEDA (gr)	5754	5758	5858	5858	5854					
PESO M.HÚMEDA (gr)	1676	1720	1780	1820	1806					
VOLUMEN MOLDE (cm ³)	942.64	942.64	942.64	942.64	942.64					
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.778	1.825	1.888	1.931	1.818					
TARA	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
PESO TARA (gr)	27.80	28.80	27.40	27.80	27.30	27.10	28.80	27.80	27.30	27.50
PESO TARA+M.HÚMEDA (gr)	184.20	181.40	182.40	182.70	188.90	184.80	181.80	181.20	184.20	182.40
PESO TARA+M.SECA (gr)	147.80	145.10	143.80	145.80	145.70	144.00	139.10	139.50	139.70	138.30
PESO DEL AGUA (gr)	18.80	18.30	18.80	17.90	20.20	20.80	22.70	21.70	24.80	24.10
PESO M.SECA (gr)	119.80	118.90	118.20	118.00	118.40	118.90	112.90	111.00	112.40	110.80
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.88	13.78	16.15	15.17	17.06	17.82	20.18	19.59	21.89	21.73
CONTENIDO DE HUMEDAD MEDIO (%)	13.81		16.87		17.84		19.78		21.82	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.582		1.677		1.808		1.812		1.673	

DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm ³)	1.816
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)	18.90

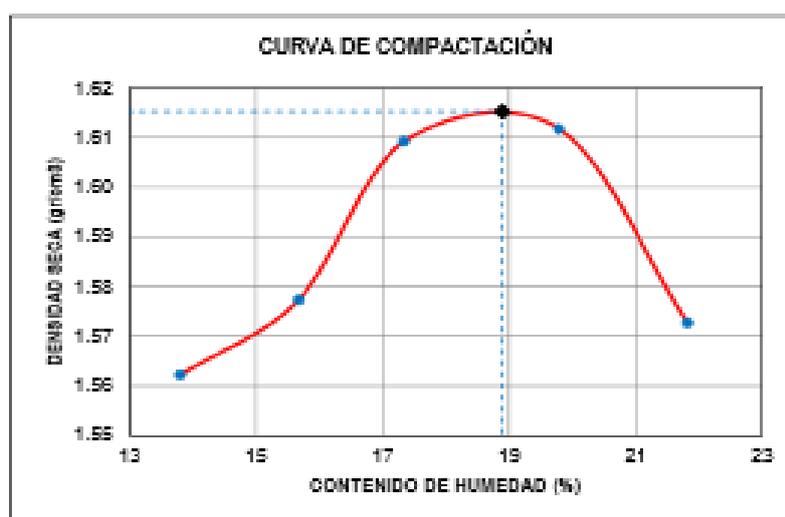


Figura 35. Curva de compactación de la muestra de suelo arcilloso más desfavorable sin adición de cemento

Fuente: Velásquez Pereyra, César 2018.

PORCENTAJE DE CEMENTO PORTLAND TIPO I: 1%										
MÉTODO DE ENSAYO: A					PROFUNDIDAD DE ESTRATO: 0.25 m - 1.50 m					
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN: 2 700 KN-m/m ³					FECHA DE ENSAYO: AGOSTO DE 2017					
ESPECIMEN	1	2	3	4	5					
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5	5	5					
GOLPES POR CAPA	25	25	25	25	25					
PESO MOLDE (gr)	4078	4078	4078	4078	4078					
PESO MOLDE+M.HÚMEDA (gr)	5868	5924	5954	5930	5928					
PESO M.HÚMEDA (gr)	1788	1846	1876	1852	1850					
VOLUMEN MOLDE (cm ³)	942.64	942.64	942.64	942.64	942.64					
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.887	1.868	1.890	1.885	1.893					
TARA	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
PESO TARA (gr)	27.80	28.80	27.40	27.80	27.20	27.10	28.80	27.80	27.30	27.50
PESO TARA+M.HÚMEDA (gr)	165.80	166.80	163.90	165.70	163.80	163.40	166.40	163.20	163.30	165.90
PESO TARA+M.SECA (gr)	148.00	148.30	144.20	145.90	142.50	143.00	142.30	139.80	139.30	141.10
PESO DEL AGUA (gr)	17.80	18.30	19.70	19.80	21.30	22.40	24.10	23.60	23.90	24.80
PESO M.SECA (gr)	120.20	121.70	118.80	118.10	119.20	119.90	115.70	112.00	112.00	113.80
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.84	15.04	16.87	16.77	18.49	19.33	20.83	21.07	21.34	21.83
CONTENIDO DE HUMEDAD MEDIO (%)	14.84		16.82		18.81		20.85		21.58	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.862		1.878		1.874		1.824		1.814	

DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm ³)	1.880
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)	17.80

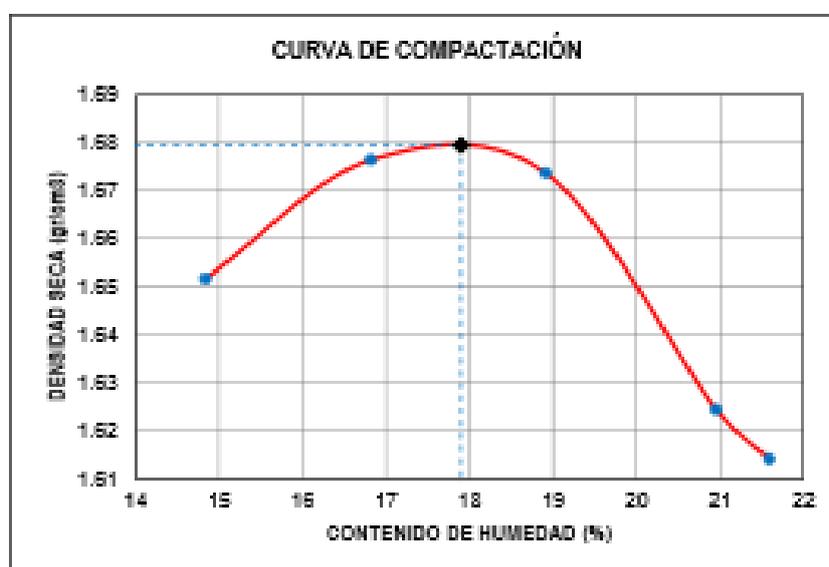


Figura 36. Curva de compactación de la muestra de suelo arcilloso más desfavorable con adición de 1% de cemento

Fuente: Velásquez Pereyra, César 2018.

PORCENTAJE DE CEMENTO PORTLAND TIPO I: 3%										
MÉTODO DE ENSAYO: A					PROFUNDIDAD DE ESTRATO: 0.35 m - 1.50 m					
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN: 2 700 kN-m/m ³					FECHA DE ENSAYO: AGOSTO DE 2017					
ESPECIMEN	1	2	3	4	5					
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5	5	5					
GOLPES POR CAPA	25	25	25	25	25					
PESO MOLDE (gr)	4078	4078	4078	4078	4078					
PESO MOLDE+M.HÚMEDA (gr)	5872	5834	5968	5962	5956					
PESO M.HÚMEDA (gr)	1794	1856	1890	1884	1878					
VOLUMEN MOLDE (cm ³)	942.64	942.64	942.64	942.64	942.64					
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.903	1.969	2.005	1.999	1.992					
TARA	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
PESO TARA (gr)	27.80	28.80	27.40	27.80	27.30	27.10	26.80	27.80	27.30	27.50
PESO TARA+M.HÚMEDA (gr)	188.50	187.90	188.00	188.40	188.50	188.70	188.10	188.40	187.80	187.90
PESO TARA+M.SECA (gr)	149.00	150.40	147.00	148.60	144.90	147.90	144.00	143.00	143.10	143.80
PESO DEL AGUA (gr)	17.50	17.50	19.00	18.80	20.80	21.20	23.20	22.50	24.50	23.90
PESO M.SECA (gr)	121.20	123.80	119.80	119.80	117.80	120.40	118.30	118.30	119.80	118.10
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.44	14.14	15.89	15.82	17.52	17.61	19.61	19.25	21.18	20.59
CONTENIDO DE HUMEDAD MEDIO (%)	14.29		16.88		17.68		19.48		20.37	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.885		1.889		1.705		1.873		1.843	

DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm ³)	1.708
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)	17.04

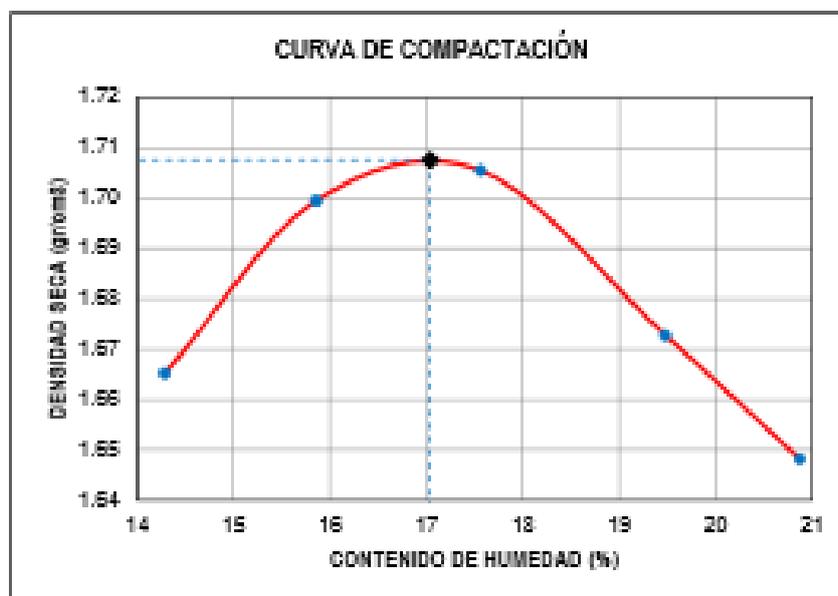


Figura 37. Curva de compactación de la muestra de suelo arcilloso más desfavorable con adición de 3% de cemento

Fuente: Velásquez Pereyra, César 2018.

PORCENTAJE DE CEMENTO PORTLAND TIPO I: 5%										
MÉTODO DE ENSAYO: A					PROFUNDIDAD DE ESTRATO: 0.25 m - 1.50 m					
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN: 2 700 kN-m/m ³					FECHA DE ENSAYO: AGOSTO DE 2017					
ESPECIMEN	1	2	3	4	5					
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5	5	5					
GOLPES POR CAPA	25	25	25	25	25					
PESO MOLDE (gr)	4078	4078	4078	4078	4078					
PESO MOLDE+M.HÚMEDA (gr)	5868	5962	5960	5982	5942					
PESO M.HÚMEDA (gr)	1790	1884	1912	1904	1864					
VOLUMEN MOLDE (cm ³)	942.64	942.64	942.64	942.64	942.64					
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.888	1.889	2.028	2.020	1.877					
TARA	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
PESO TARA (gr)	27.80	28.60	27.40	27.80	27.30	27.10	28.60	27.80	27.30	27.50
PESO TARA+M.HÚMEDA (gr)	188.50	185.00	184.20	182.40	184.10	183.30	181.00	183.10	180.10	183.50
PESO TARA+M.SECA (gr)	167.70	165.70	162.90	161.60	161.30	160.10	158.90	157.40	153.90	155.70
PESO DEL AGUA (gr)	18.80	19.30	21.30	20.80	22.80	23.20	24.10	25.70	27.20	27.80
PESO M.SECA (gr)	139.90	139.10	135.50	133.80	134.00	133.00	130.30	129.60	125.60	128.30
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.44	13.87	15.72	15.55	17.01	17.44	18.50	19.80	21.66	21.66
CONTENIDO DE HUMEDAD MEDIO (%)	13.88		15.63		17.23		18.15		21.67	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.871		1.728		1.730		1.885		1.826	

DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm ³)	1.736
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)	16.40

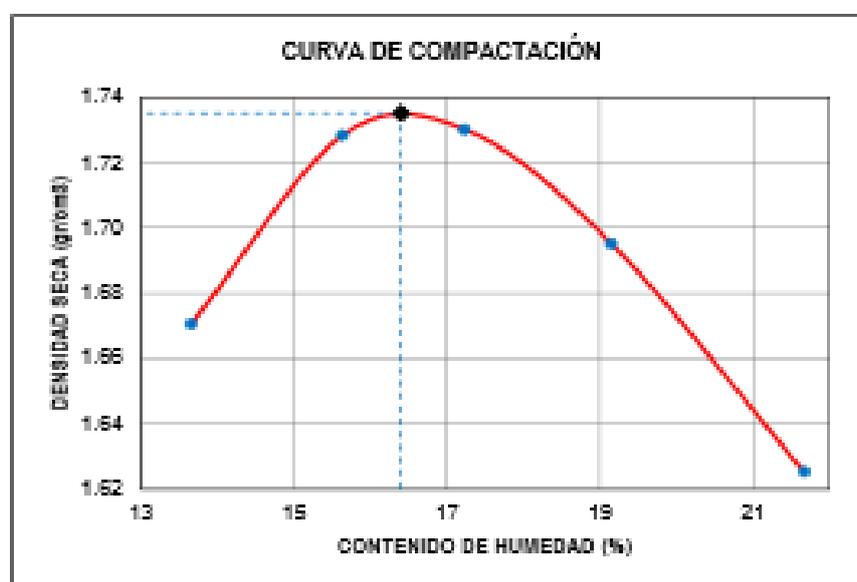


Figura 38. Curva de compactación de la muestra de suelo arcilloso más desfavorable con adición de 5% de cemento

Fuente: Velásquez Pereyra, César 2018.

Anexo 7

Tabla 49: Resultado de ensayo de CBR – Tesis 1

Tabla 54. Compactación para el ensayo CBR de la muestra de suelo arcilloso más desfavorable sin adición de cemento

DO818 CEMENTO PORTLAND TIPO I: 0%									
PROFUNDIDAD DE ESTRATO: 0.35 m - 1.50 m									
FECHA DE ENSAYO: SETIEMBRE DE 2017									
MOLDE	1			2			3		
NÚMERO DE CAPAS	5			5			5		
GOLPES POR CAPA	13			27			56		
PESO MOLDE (gr)	7665			7758			7704		
VOLUMEN MOLDE (cm ³)	2316.67			2316.67			2316.67		
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	ANTES DE SATURAR		DESPUÉS	ANTES DE SATURAR		DESPUÉS	ANTES DE SATURAR		DESPUÉS
PESO MOLDE+M.HÚMEDA (gr)	11760		12186	12130		12386	12260		12453
PESO M.HÚMEDA (gr)	4071		4497	4372		4628	4556		4749
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.767		1.841	1.837		1.898	1.887		2.060
TARA	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
PESO TARA (gr)	27.66	28.69	27.42	27.60	27.34	27.15	28.62	27.71	27.40
PESO TARA+M.HÚMEDA (gr)	127.27	140.19	135.99	128.71	147.80	135.99	149.21	144.50	156.30
PESO TARA+M.SECA (gr)	119.34	122.40	125.20	121.09	126.92	129.87	129.96	129.88	131.28
PESO DEL AGUA (gr)	17.93	17.79	10.79	17.62	18.88	26.12	19.25	18.62	25.02
PESO M.SECA (gr)	91.46	99.71	97.78	93.29	101.56	102.72	99.34	98.17	103.68
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	19.60	18.59	11.02	18.89	18.59	25.42	19.30	18.97	24.09
CONTENIDO DE HUMEDAD MEDIO (%)	18.10		11.08	18.74		25.42	18.17		24.08
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.478		1.481	1.538		1.592	1.660		1.662

Tabla 55. Hinchamiento en el ensayo CBR de la muestra de suelo arcilloso más desfavorable sin adición de cemento

HINCHAMIENTO						
TIEMPO ACUMULADO (horas)	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	5.68	4.47	5.22	4.11	5.14	4.05
48	8.07	6.36	7.10	5.99	6.61	5.20
72	9.20	7.24	7.96	6.27	7.18	5.65
96	9.62	7.57	8.20	6.46	7.35	5.79

Fuente: Velásquez Pereyra, César 2018.

Tabla 57. Compactación para el ensayo CBR de la muestra de suelo arcilloso más desfavorable con adición de 1% de cemento

DOSIS CEMENTO PORTLAND TIPO I: 1%									
PROFUNDIDAD DE ESTRATO: 0.35 m - 1.50 m									
FECHA DE ENSAYO: SEPTIEMBRE DE 2017									
MOLDE	4			5			6		
NÚMERO DE CAPAS	5			5			5		
GOLPES POR CAPA	13			27			56		
PESO MOLDE (gr)	7920			7737			7910		
VOLUMEN MOLDE (cm ³)	2316.67			2316.67			2316.67		
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	ANTES DE SATURAR		DESPUÉS	ANTES DE SATURAR		DESPUÉS	ANTES DE SATURAR		DESPUÉS
PESO MOLDE+M.HÚMEDA (gr)	11790		12331	12075		12492	12503		12820
PESO M.HÚMEDA (gr)	3870		4411	4338		4755	4593		4910
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.871		1.904	1.873		2.068	1.988		2.118
TARA	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
PESO TARA (gr)	27.88	28.89	27.42	27.80	27.34	27.15	28.62	27.71	27.40
PESO TARA+M.HÚMEDA (gr)	133.93	149.31	173.54	148.98	130.21	171.38	149.40	135.78	189.29
PESO TARA+M.SECA (gr)	134.30	130.80	138.01	138.78	130.92	138.14	130.93	138.35	140.23
PESO DEL AGUA (gr)	19.63	18.51	35.53	17.20	19.29	33.41	18.47	19.43	29.06
PESO M.SECA (gr)	108.42	104.11	105.59	100.95	103.55	110.99	104.31	108.64	112.83
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.45	17.78	33.64	17.03	18.62	30.10	17.71	17.85	25.78
CONTENIDO DE HUMEDAD MEDIO (%)	18.11		33.84	17.83		30.10	17.80		25.78
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.414		1.426	1.638		1.678	1.688		1.686

Tabla 58. Hinchamiento en el ensayo CBR de la muestra de suelo arcilloso más desfavorable con adición de 1% de cemento

HINCHAMIENTO						
TIEMPO ACUMULADO (horas)	MOLDE 4		MOLDE 5		MOLDE 6	
	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	5.17	4.07	4.89	3.85	4.24	3.34
48	7.62	6.00	7.24	5.70	6.59	5.19
72	8.57	6.75	8.13	6.40	7.83	6.17
96	8.64	6.80	8.23	6.48	7.98	6.28

Fuente: Velásquez Pereyra, César 2018.

Tabla 60. Compactación para el ensayo CBR de la muestra de suelo arcilloso más desfavorable con adición de 3% de cemento

DOBIS CEMENTO PORTLAND TIPO I: 3%									
PROFUNDIDAD DE ESTRATO: 0.35 m - 1.50 m									
FECHA DE ENSAYO: OCTUBRE DE 2017									
MOLDE	1			2			3		
NÚMERO DE CAPAS	5			5			5		
GOLPES POR CAPA	13			27			55		
PESO MOLDE (gr)	7689			7758			7704		
VOLUMEN MOLDE (cm ³)	2316.67			2316.67			2316.67		
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	ANTES DE SATURAR		DESPUÉS	ANTES DE SATURAR		DESPUÉS	ANTES DE SATURAR		DESPUÉS
PESO MOLDE+M.HÚMEDA (gr)	11484	12075	11940	12428	12243	12631			
PESO M.HÚMEDA (gr)	3795	4386	4182	4670	4539	4927			
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.638	1.893	1.806	2.018	1.959	2.127			
TARA	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
PESO TARA (gr)	27.88	28.89	27.42	27.80	27.34	27.19	28.82	27.71	27.40
PESO TARA+M.HÚMEDA (gr)	160.43	157.93	163.98	159.58	159.58	167.28	152.12	153.18	164.95
PESO TARA+M.SECA (gr)	141.48	138.49	138.82	140.38	140.71	139.01	132.74	135.08	139.52
PESO DEL AGUA (gr)	18.95	19.44	25.14	19.20	18.84	28.28	19.38	18.12	25.43
PESO M.SECA (gr)	112.80	111.80	101.40	112.58	113.37	107.88	107.12	107.35	108.12
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.88	17.39	24.85	17.05	16.85	26.20	17.16	16.85	23.25
CONTENIDO DE HUMEDAD MEDIO (%)	17.08		24.85	16.87		26.80	17.02		27.26
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.400		1.408	1.643		1.662	1.874		1.871

Tabla 61. Hinchamiento en el ensayo CBR de la muestra de suelo arcilloso más desfavorable con adición de 3% de cemento

HINCHAMIENTO						
TIEMPO ACUMULADO (horas)	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	3.72	2.93	2.15	1.69	2.96	2.33
48	5.88	4.63	4.84	3.81	4.21	3.31
72	6.53	5.14	5.76	4.54	5.04	3.97
96	6.73	5.30	5.91	4.65	5.25	4.13

Fuente: Velásquez Pereyra, César 2018.

Tabla 63. Compactación para el ensayo CBR de la muestra de suelo arcilloso más desfavorable con adición de 5% de cemento

DOSIS CEMENTO PORTLAND TIPO I: 5%									
PROFUNDIDAD DE ESTRATO: 0.30 m - 1.50 m									
FECHA DE ENSAYO: OCTUBRE DE 2017									
MOLDE	4		5		6				
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5				
GOLPES POR CAPA	13		27		56				
PESO MOLDE (gr)	7920		7737		7910				
VOLUMEN MOLDE (cm ³)	2316.67		2316.67		2316.67				
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	ANTES DE SATURAR	DESPUÉS	ANTES DE SATURAR	DESPUÉS	ANTES DE SATURAR	DESPUÉS			
PESO MOLDE+M.HÚMEDA (gr)	11795	12361	12031	12454	12493	12785			
PESO M.HÚMEDA (gr)	3875	4441	4294	4717	4583	4875			
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.873	1.917	1.854	2.038	1.978	2.104			
TARA	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
PESO TARA (gr)	27.58	26.69	27.42	27.50	27.34	27.15	26.62	27.71	27.40
PESO TARA+M.HÚMEDA (gr)	184.19	183.78	185.08	182.72	183.98	185.50	183.48	184.25	184.42
PESO TARA+M.SECA (gr)	144.29	144.35	131.38	143.25	144.82	135.23	144.24	144.75	137.64
PESO DEL AGUA (gr)	19.30	18.91	33.72	19.44	19.18	30.27	19.24	19.50	28.78
PESO M.SECA (gr)	117.01	118.16	103.94	119.45	117.45	105.08	117.82	117.04	110.24
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.49	16.00	32.44	16.33	16.31	28.01	16.38	16.68	24.29
CONTENIDO DE HUMEDAD MEDIO (%)	16.26		32.44	16.67		28.01	16.61		24.28
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.438		1.447	1.590		1.591	1.596		1.593

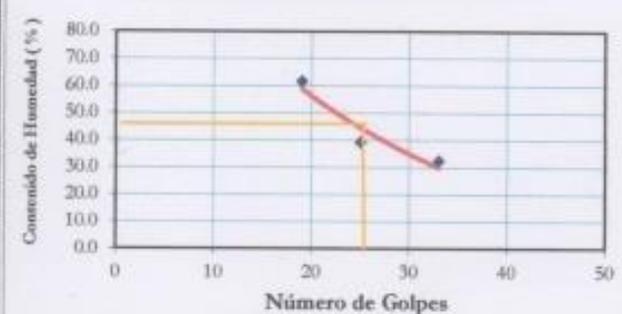
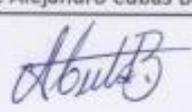
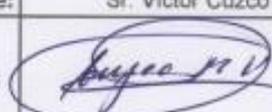
Tabla 64. Hinchamiento en el ensayo CBR de la muestra de suelo arcilloso más desfavorable con adición de 5% de cemento

HINCHAMIENTO						
TIEMPO ACUMULADO (horas)	MOLDE 4		MOLDE 5		MOLDE 6	
	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)	LECTURA (mm)	HINCHAMIENTO (%)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	2.84	2.24	2.16	1.70	1.74	1.37
48	3.55	3.11	3.19	2.51	1.96	1.54
72	4.42	3.48	3.82	3.01	2.73	2.15
96	4.71	3.71	4.26	3.35	3.32	2.61

Fuente: Velásquez Pereyra, César 2018.

Anexo 8

Tabla 50: Resultado de ensayo de límite atterberg – Tesis 2

	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE INGENIERIA CIVIL		
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA			
NORMA TECNICA PERUANA 339.129.1999			
DATOS GENERALES			
Proyecto :	Tesis		
Descripción :	Suelo con 0 % de CCA		
Fecha :	09/05/2016		
LÍMITE LÍQUIDO	Norma :	ASTM D 4318	
LÍMITE PLÁSTICO	Norma :	ASTM D 4319	
DESCRIPCION	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	
Tara Número / Unidades	15 10 7	10 1	
Peso Tara + Muestra Húmeda Gr	47.10 47.90 48.00	17.10 15.92	
Peso Tara + Muestra Seca Gr	38.70 38.40 35.00	16.46 15.30	
Peso de la Tara Gr	12.90 14.20 13.90	13.70 12.90	
Peso de la Muestra Seca Gr	25.80 24.20 21.10	2.76 2.40	
Peso del Agua Gr	8.40 9.50 13.00	0.64 0.62	
Contenido de Humedad %	32.56 39.26 61.61	23.19 25.83	
Número de Golpes	33 25 19	Promedio : 24.51	
Límites de Consistencia			
Límite Líquido: LL =	44.53%		
Límite Plástico: LP =	24.51%		
Índice de Plasticidad: IP =	20.02%		
Contenido de Humedad: W _n =	17.00%		
Grado de Consistencia: K _w =	1.37		
Observaciones:			
Límite Líquido del suelo con 0 % CCA			
			
APROBACIÓN			
Asesor de Tesis		Coordinador de Laboratorio	
Nombre:	Ing. Alejandro Cubas Becerra	Nombre:	Sr. Victor Cuzco Minchán
Firma:		Firma:	
Responsable de investigación			
Nombre:	Llamoga Vásquez Luz Yanet		
Firma:			

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.



ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

NORMA TÉCNICA PERUANA 339.129.1999

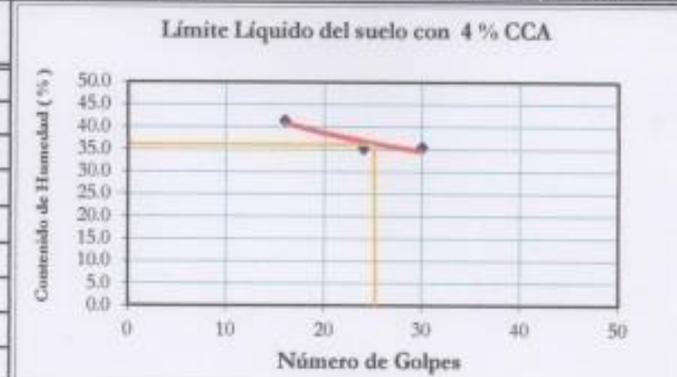
DATOS GENERALES

Proyecto : Tesis
Descripción : Suelo con 4% de CCA
Fecha : 16/05/2016

LÍMITE LÍQUIDO	Norma :	ASTM D 4318
LÍMITE PLÁSTICO	Norma :	ASTM D 4319

DESCRIPCION	Unidades	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
		9	2	14	13	20
Tara Número /						
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	48.70	52.80	50.70	29.10	29.90
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	42.80	45.90	43.70	28.62	29.40
Peso de la Tara	Gr	26.20	26.30	26.80	26.60	27.00
Peso de la Muestra Seca	Gr	16.60	19.60	16.90	2.02	2.40
Peso del Agua	Gr	5.90	6.90	7.00	0.48	0.50
Contenido de Humedad	%	35.54	35.20	41.42	23.76	20.83
Número de Golpes		30	24	16	Promedio :	22.30

Límites de Consistencia	
Límite Líquido:	LL = 36.37%
Límite Plástico:	LP = 22.30%
Índice de Plasticidad :	IP = 14.07%
Contenido de Humedad :	W _n = 17.00%
Grado de Consistencia :	K _w = 1.38
Observaciones:	



APROBACIÓN			
Asesor de Tesis		Coordinador de Laboratorio	
Nombre:	Ing. Alejandro Cubas Becerra	Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán
Firma:		Firma:	
Responsable de Investigación			
Nombre:	Llamoga Vásquez Luz Yanet		
Firma:			

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.



ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA
NORMA TÉCNICA PERUANA 339.129.1999

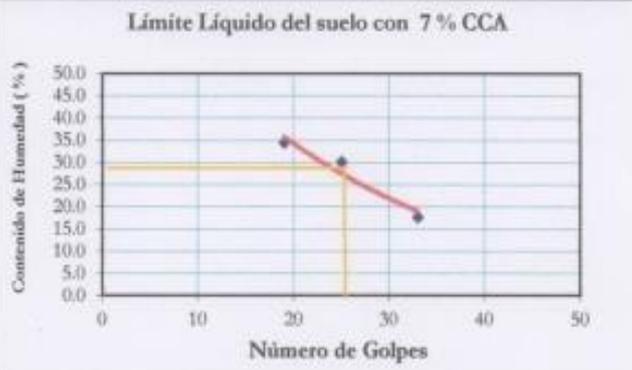
DATOS GENERALES

Proyecto : Tesis
Descripción : Suelo con 7% de CCA
Fecha : 07/05/2016

LÍMITE LÍQUIDO	Norma :	ASTM D 4318
LÍMITE PLÁSTICO	Norma :	ASTM D 4319

DESCRIPCION	Unidades	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
		15	10	7	1	2
Tara Número /						
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	38.70	41.00	42.60	17.10	16.10
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	35.00	34.60	35.00	16.50	15.80
Peso de la Tara	Gr	14.10	13.40	13.00	13.30	14.30
Peso de la Muestra Seca	Gr	20.90	21.20	22.00	3.20	1.50
Peso del Agua	Gr	3.70	6.40	7.60	0.60	0.30
Contenido de Humedad	%	17.70	30.19	34.55	18.75	20.00
Número de Golpes		33	25	19	Promedio :	19.38

Límites de Consistencia		
Límite Líquido:	LL =	27.51%
Límite Plástico:	LP =	19.38%
Índice de Plasticidad :	IP =	8.14%
Contenido de Humedad :	W _n =	17.00%
Grado de Consistencia :	K _w =	1.29
Observaciones:		



APROBACIÓN			
Asesor de Tesis		Coordinador de Laboratorio	
Nombre:	Ing. Alejandro Cubas Becerra	Nombre:	Sr. Victor Cuzco Minchán
Firma:		Firma:	
Responsable de investigación			
Nombre:	Llamoga Vásquez Luz Yanet		
Firma:			

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.



ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

NORMA TÉCNICA PERUANA 339.129.1999

DATOS GENERALES

Proyecto : Tesis
Descripción : Suelo con 10% de CCA
Fecha : 18/05/2016

LÍMITE LÍQUIDO	Norma :	ASTM D 4318
LÍMITE PLÁSTICO	Norma :	ASTM D 4319

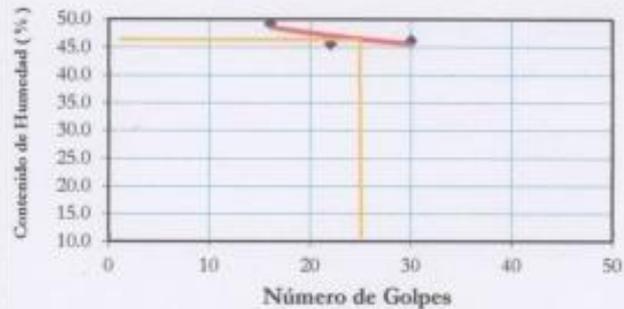
DESCRIPCION		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Tara Número	Unidades	1B	XY	3C	33	34
Peso Tara + Muestra Húm	Gr	50.40	50.30	47.90	30.80	32.00
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	43.00	43.00	41.00	30.10	31.20
Peso de la Tara	Gr	27.00	27.00	27.00	27.30	28.00
Peso de la Muestra Seca	Gr	16.00	16.00	14.00	2.80	3.20
Peso del Agua	Gr	7.40	7.30	6.90	0.70	0.80
Contenido de Humedad	%	46.25	45.63	49.29	25.00	25.00
Número de Golpes		30	22	16	Promedio :	25.00

Límites de Consistencia

Límite Líquido: LL = 46.42%
Límite Plástico: LP = 25.00%
Índice de Plasticidad: IP = 21.42%
Contenido de Humedad: Wn = 17.00%
Grado de Consistencia: Kw = 1.37

Observaciones:

Límite Líquido del suelo con 10 % CCA



APROBACIÓN

Asesor de Tesis		Coordinador de Laboratorio	
Nombre:	Ing. Alejandro Cubas Becerra	Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán
Firma:		Firma:	
Responsable de investigación			
Nombre:	Llamoga Vásquez Luz Yanet		
Firma:			

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
METODO "A" (ASTM D1557)

Proyecto : Tesis
Descripción : Suelo con 0% de CCA-Curva de compactación
Volumen molde: 973.00 cm³
Peso molde : 4194.6 kg.
Altura de caída : 18 pulg.
Peso martillo : 4.5 kg
de capas: 5.00
de golpes: 25.00
Fecha: 25/05/2016

Especificaciones:
ASTM D1557
AASHTO T180-70
NTP 339.141
MTC E115-2000



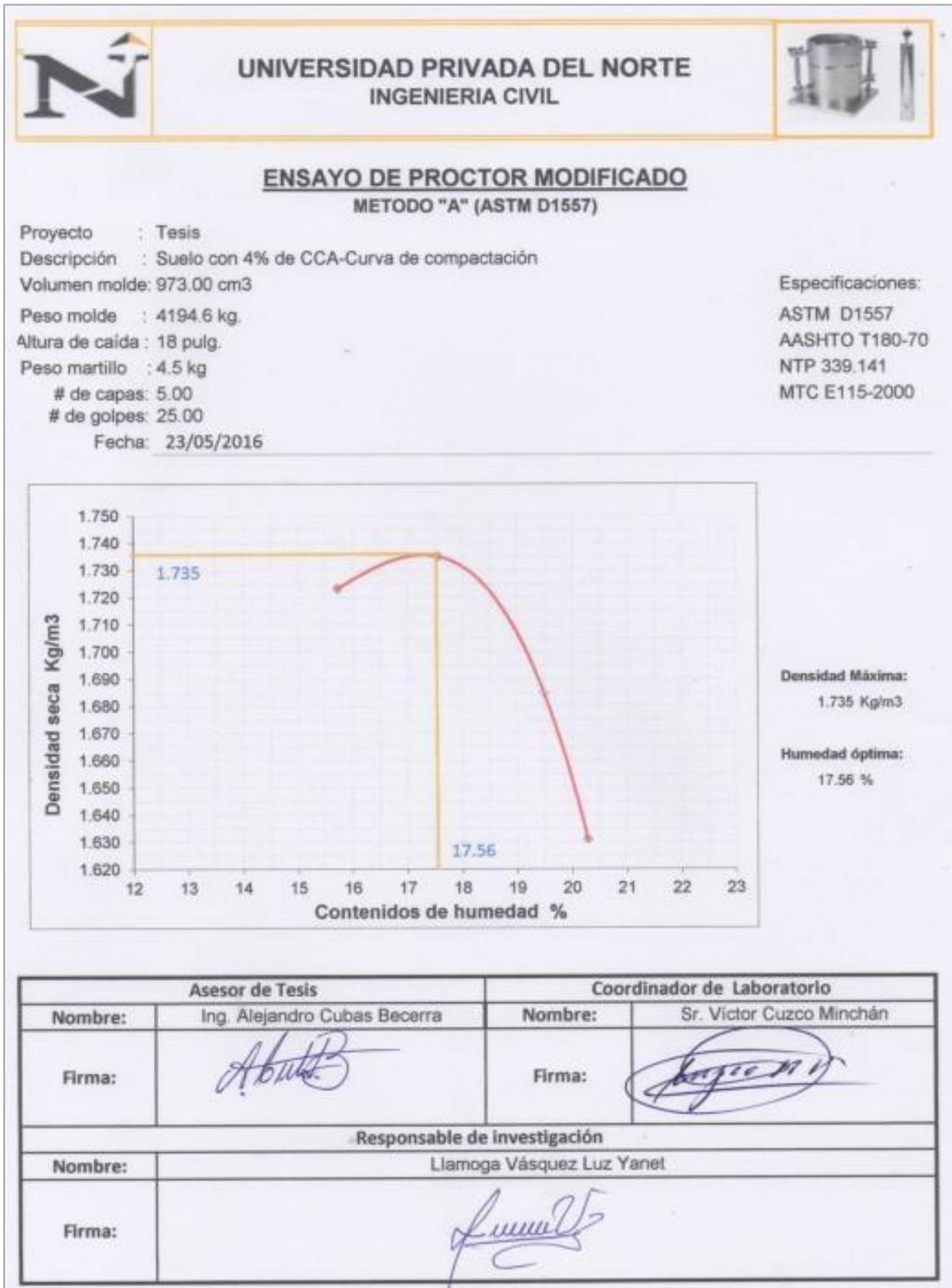
Densidad Máxima:
1.722 Kg/m³
Humedad óptima:
16.37 %

Asesor de Tesis		Coordinador de Laboratorio	
Nombre:	Ing. Alejandro Cubas Becerra	Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán
Firma:		Firma:	
Responsable de investigación			
Nombre:	Llamoga Vásquez Luz Yanet		
Firma:			

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.

Anexo 9

Tabla 51: Resultado de ensayo de proctor modificado – Tesis 2



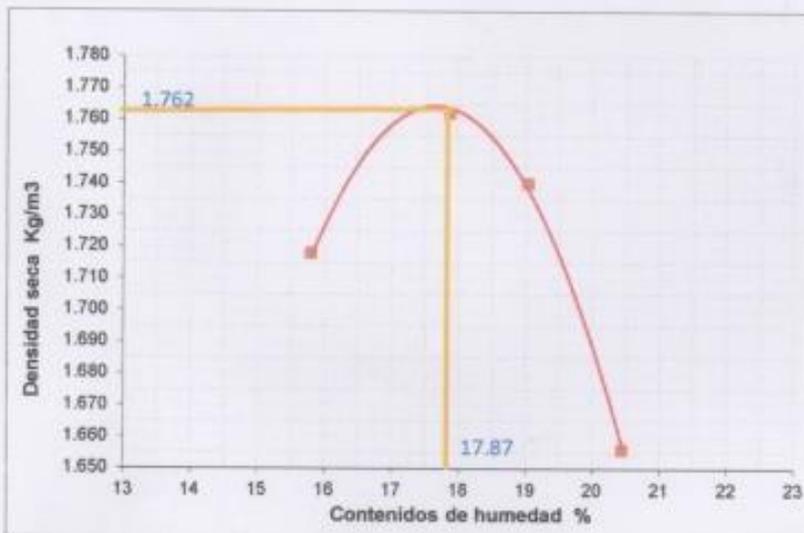
Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
METODO "A" (ASTM D1557)

Proyecto : Tesis
Descripción : Suelo con 7% de CCA-Curva de compactación
Volumen molde: 973.00 cm³
Peso molde : 4194.6 kg.
Altura de caída : 18 pulg.
Peso martillo : 4.5 kg
de capas: 5.00
de golpes: 25.00
Fecha: 30/05/2016

Especificaciones:
ASTM D1557
AASHTO T180-70
NTP 339.141
MTC E115-2000



Densidad Máxima:
1.762 Kg/m³
Humedad óptima:
17.870 %

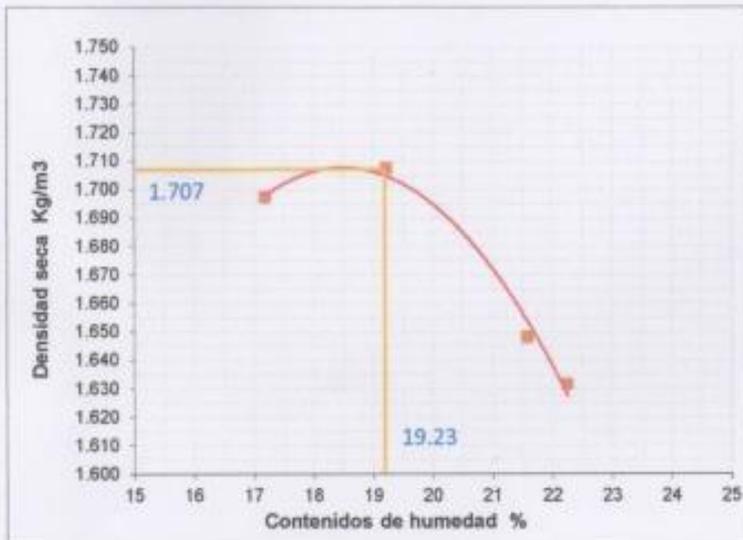
Asesor de Tesis		Coordinador de Laboratorio	
Nombre:	Ing. Alejandro Cubas Becerra	Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán
Firma:		Firma:	
Responsable de investigación			
Nombre:	Llamoga Vásquez Luz Yanet		
Firma:			



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
METODO "A" (ASTM D1557)

Proyecto : Tesis
Descripción : Suelo con 10% de CCA-Curva de compactación
Volumen molde: 973.00 cm³
Peso molde : 4194.6 kg.
Altura de caída : 18 pulg.
Peso martillo : 4.5 kg
de capas: 5.00
de golpes: 25.00
Fecha: 01/06/2016

Especificaciones:
ASTM D1557
AASHTO T180-70
NTP 339.141
MTC E115-2000



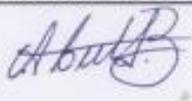
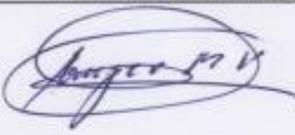
Densidad Máxima:
1.707 Kg/m³
Humedad óptima:
19.230 %

Asesor de Tesis		Coordinador de Laboratorio	
Nombre:	Ing. Alejandro Cubas Becerra	Nombre:	Sr. Victor Cuzco Minchán
Firma:		Firma:	
Responsable de investigación			
Nombre:	Llamoga Vásquez Luz Yanet		
Firma:			

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.

Anexo 10

Tabla 52: Resultado de ensayo de CBR - 2

		UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE INGENIERIA CIVIL							
ENSAYO DE CBR (NORMA TÉCNICA PERUANA 339.145.1999)									
Proyecto	:	Tesis							
Descripción	:	Suelo con 0% de CCA							
Fecha	:	03/06/2016							
MOLDE N°		1		2		3			
NUMERO DE CAPAS		5		5		5			
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		55		26		12			
CONDICIÓN DE MUESTRA		ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES		
		DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL		
		REMOJO	REMOJO	REMOJO	REMOJO	REMOJO	REMOJO		
PESO MUESTRA HUMEDA +MOLDE	Gr.	12032	13624	12664	14464	12376	14018		
PESO DEL MOLDE	Gr.	7250	7250	7984	7984	8008	8008		
PESO MUESTRA HUMEDA	Gr.	4782	6374	4680	6480	4368	6010		
PESO MUESTRA BECA	Gr.	4087.53	5281.52	4004.79	5386.98	3751.13	4881.61		
VOLUMEN DE LA MUESTRA	Cm3.	2322.67	2322.67	2322.67	2322.67	2322.67	2322.7		
DENSIDAD HUMEDA	Cr. / Cm.	2.059	2.744	2.015	2.790	1.881	2.588		
DENSIDAD SECA	Gr / Cm3.	1.780	2.274	1.724	2.319	1.615	2.102		
CONTENIDO DE AGUA (Antes del remojo)									
Tarro N°		18	1C	15	20	14	1B		
Peso muestra humeda + tarro	Gr.	160.1	168.1	128.4	128.69	161.48	174.1		
peso muestra seca + tarro	Gr.	140.9	147.80	113.6	114.23	142.36	153.6		
Peso del Agua	Gr.	19.2	20.3	14.8	14.46	19.12	20.5		
peso del Tarro	Gr.	27.40	28.80	27	27.3	27.9	27		
Peso Muestra Seca	Gr.	113.50	119.00	86.60	86.93	114.46	126.60		
Contenido de Humedad	%	16.92	17.06	17.09	16.63	16.70	16.19		
Prom. Contenido de humedad	%	16.99		16.86		16.45			
CONTENIDO DE AGUA (Después del remojo)									
Tarro N°		15	13	1D-XY	1B	20	1C		
Peso muestra humeda + tarro	Gr.	195.4	189.6	207.9	194.1	207.8	204.1		
peso muestra seca + tarro	Gr.	165.9	162.40	175.8	167.4	173.8	171.3		
Peso del Agua	Gr.	29.5	27.2	32.1	26.7	34	32.8		
peso del Tarro	Gr.	27.00	27.30	27.14	26.8	27.3	28.8		
Peso Muestra Seca	Gr.	138.90	135.10	148.66	140.60	27.00	27.16		
Contenido de Humedad	%	21.24	20.13	21.59	18.99	23.21	23.02		
Prom. Contenido de humedad	%	20.69		20.29		23.12			
APROBACIÓN									
Asesor de Tesis					Coordinador de Laboratorio				
Nombre:	Ing. Alejandro Cubas Becerra				Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán			
Firma:					Firma:				
Responsable de investigación									
Nombre:	Llamoga Vásquez Luz Yanet								
Firma:									

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
INGENIERIA CIVIL



ENSAYO DE CBR

(NORMA TECNICA PERUANA 339.145.1999)

Proyecto : Tesis
 Descripción : Suelo con 4% de CCA
 Fecha : 10/06/2016

MOLDE N°		1	2	3			
NUMERO DE CAPAS		5	5	5			
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		55	26	12			
CONDICION DE MUESTRA		ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	
		DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	
		REMOJO	REMOJO	REMOJO	REMOJO	REMOJO	
PESO MUESTRA HUMEDA +MOLDE	Gr.	11962	12234	12678	12930	12125.41	12438
PESO DEL MOLDE	Gr.	7212	7212	7958	7958	7658	7658
PESO MUESTRA HUMEDA	Gr.	4750	5022	4720	4972	4467.41	4780
PESO MUESTRA SECA	Gr.	4043.76	4119.43	4027.13	4071.57	3798.33	3824.15
VOLUMEN DE LA MUESTRA	Cm3	2322.67	2322.67	2322.67	2322.67	2322.67	2322.7
DENSIDAD HUMEDA	Cr. / Cm	2.045	2.162	2.032	2.141	1.923	2.058
DENSIDAD SECA	Gr. / Cm3	1.741	1.774	1.734	1.753	1.635	1.646
CONTENIDO DE AGUA (Antes del remojo)							
Tarro N°		1A	15	1E	20	1B	10
Peso muestra humeda + tarro	Gr.	174.1	175.3	197.2	200.1	209.5	205.6
peso muestra seca + tarro	Gr.	153.1	152.41	172.34	174.6	181.7	179.45
Peso del Agua	Gr.	21	22.89	24.86	25.5	27.8	26.15
peso del Tarro	Gr.	27.40	26.80	27	27.3	27.9	27
Peso Muestra Seca	Gr.	125.70	125.61	145.34	147.30	153.80	152.45
Contenido de Humedad	%	16.71	18.22	17.10	17.31	18.08	17.15
Prom. Contenido de humedad	%	17.47		17.21		17.62	
CONTENIDO DE AGUA (Después del remojo)							
Tarro N°		1	2	M3-1	M3-2	34	1A
Peso muestra humeda + tarro	Gr.	192.3	180.4	157.2	146.7	181.1	201.8
peso muestra seca + tarro	Gr.	162.7	152.3	133.2	125.80	146.6	171.3
Peso del Agua	Gr.	29.6	28.1	24	20.9	34.5	30.5
peso del Tarro	Gr.	27.14	26.8	27.00	27.30	27	27
Peso Muestra Seca	Gr.	135.56	125.50	108.20	98.50	27.00	27.16
Contenido de Humedad	%	21.84	22.39	22.60	21.22	28.85	21.14
Prom. Contenido de humedad	%	22.12		21.91		25.00	

APROBACIÓN			
Asesor de Tesis		Coordinador de Laboratorio	
Nombre:	Ing. Alejandro Cubas Becerra	Nombre:	Sr. Victor Cuzco Minchán
Firma:		Firma:	
Responsable de investigación			
Nombre:	Llamoga Vásquez Luz Yanet		
Firma:			

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
INGENIERIA CIVIL



ENSAYO DE CBR

(NORMA TECNICA PERUANA 339.145.1999)

Proyecto : Tesis
Descripción : Suelo con 7 % de CCA
Fecha : 17/06/2016

MOLDE N°		1	2	3			
NUMERO DE CAPAS		5	5	5			
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		55	26	12			
CONDICIÓN DE MUESTRA		ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
		DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL
		REMOJO	REMOJO	REMOJO	REMOJO	REMOJO	REMOJO
PESO MUESTRA HUMEDA +MOLDE	Gr.	12061	12121.54	11956	12085.12	11986	12056
PESO DEL MOLDE	Gr.	7234	7234	7226	7226	7260	7260
PESO MUESTRA HUMEDA	Gr.	4827	4887.54	4730	4859.12	4726	4796
PESO MUESTRA SECA	Gr.	4107.56	4088.11	4030.85	4051.46	3984.32	3965.44
VOLUMEN DE LA MUESTRA	Cm3	2322.67	2322.67	2322.67	2322.67	2322.67	2322.7
DENSIDAD HUMEDA	Cr. / Cm.	2.078	2.104	2.036	2.092	2.035	2.065
DENSIDAD SECA	Gr. / Cm3	1.768	1.760	1.735	1.744	1.615	1.707
CONTENIDO DE AGUA. (Antes del remojo)							
Tarro N°		3C	1B	20	13	14	18
Peso muestra humeda + tarro	Gr.	195.12	192.1	186.3	193.5	207.5	218.2
peso muestra seca + tarro	Gr.	170.7	167.20	162.6	169.1	179.3	188.1
Peso del Agua	Gr.	27.3	24.9	26.8	24.4	28.2	30.1
peso del Tarro	Gr.	27.40	28.80	27	27.3	27.3	27
Peso Muestra Seca	Gr.	143.30	138.40	135.80	141.80	152.00	161.10
Contenido de Humedad	%	17.04	17.99	17.48	17.21	18.55	18.68
Prom. Contenido de humedad	%	17.52		17.35		18.62	
CONTENIDO DE AGUA. (Después del remojo)							
Tarro N°		1M3	2M3	1M1	2M1	1M2	2M2
Peso muestra humeda + tarro	Gr.	236.1	242.7	237.6	215.1	160.4	160.2
peso muestra seca + tarro	Gr.	201.3	208.10	203.3	183.2	137.3	137.3
Peso del Agua	Gr.	34.8	34.6	34.3	31.9	137.3	22.9
peso del Tarro	Gr.	27.00	27.30	27.14	26.8	27	28
Peso Muestra Seca	Gr.	174.30	180.80	176.16	156.40	27.00	27.16
Contenido de Humedad	%	19.97	19.14	19.47	20.40	20.94	20.95
Prom. Contenido de humedad	%	19.56		19.94		20.95	

APROBACIÓN			
Asesor de Tesis		Coordinador de Laboratorio	
Nombre:	Ing. Alejandro Cubas Becerra	Nombre:	Sr. Victor Guazo Minchán
Firma:		Firma:	
Responsable de investigación			
Nombre:	Llamoga Vásquez Luz Yanet		
Firma:			

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

INGENIERIA CIVIL



ENSAYO DE CBR

(NORMA TECNICA PERUANA 339.145.1999)

Proyecto : Tesis
 Descripción : Suelo con 10 % de CCA
 Fecha : 23/06/2016

MOLDE N°	1	2	3			
NUMERO DE CAPAS	5	5	5			
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	55	26	12			
CONDICIÓN DE MUESTRA	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL
	REMOJO	REMOJO	REMOJO	REMOJO	REMOJO	REMOJO
PESO MUESTRA HUMEDA +MOLDE	Gr. 12015	12894	11998.37	12656	11913.22	12280
PESO DEL MOLDE	Gr. 7236	7236	7260	7260	7489	7489
PESO MUESTRA HUMEDA	Gr. 4779	5658	4738.37	5396	4424.22	4791
PESO MUESTRA SECA	Gr. 4056.02	4554.82	4016.76	4372.95	3755.70	3902.26
VOLUMEN DE LA MUESTRA	Cm3. 2322.67	2322.67	2322.67	2322.67	2322.67	2322.67
DENSIDAD HUMEDA	Cr. / Cm. 2.058	2.436	2.040	2.323	1.905	2.063
DENSIDAD SECA	Gr. / Cm3. 1.746	1.961	1.729	1.883	1.617	1.680
CONTENIDO DE AGUA (Antes del remojo)						
Tarro N°	20	21	22	23	24	25
Peso muestra humeda + tarro	Gr. 213.12	210.24	222.36	245.16	236.12	247.15
peso muestra seca + tarro	Gr. 185.15	182.40	194.26	210.12	203.89	214.69
Peso del Agua	Gr. 27.97	27.84	28.1	35.06	32.23	32.46
peso del Tarro	Gr. 27.40	27.00	26.5	27.3	27.9	27
Peso Muestra Seca	Gr. 157.75	155.40	167.76	182.82	175.99	187.69
Contenido de Humedad	% 17.73	17.92	16.75	19.18	18.31	17.29
Prom. Contenido de humedad	% 17.83		17.97		17.80	
CONTENIDO DE AGUA (Después del remojo)						
Tarro N°	20	21	22	23	24	25
Peso muestra humeda + tarro	Gr. 211.36	212.34	236.15	249.12	218.47	219.22
peso muestra seca + tarro	Gr. 174.13	177.60	199.5	203.9	183.8	182.7
Peso del Agua	Gr. 37.23	28.4	36.65	45.22	34.67	36.52
peso del Tarro	Gr. 27.40	27.00	26.5	27.3	27	26.9
Peso Muestra Seca	Gr. 146.73	150.60	173.00	176.60	27.00	27.16
Contenido de Humedad	% 25.37	23.07	21.18	25.61	22.11	23.44
Prom. Contenido de humedad	% 24.22		23.40		22.78	

APROBACIÓN			
Asesor de Tesis		Coordinador de Laboratorio	
Nombre:	Ing. Alejandro Cubas Becerra	Nombre:	Sr. Victor Cuzco Minchán
Firma:		Firma:	
Responsable de investigación			
Nombre:	Llamoga Vásquez Luz Yanet		
Firma:			

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.