



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**Aplicación de Mucilago de Penca de Tuna, para mejorar las propiedades de suelos blandos, en el distrito de Lurín, Lima 2020**

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

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Figuroa Barreda, Junior Amadeo (ORCID: 0000-0003-4147-3800)

**ASESOR:**

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

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2020

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, a mis hijos, a mis padres, y a todos aquellos profesores que supieron brindarme sus conocimientos, su apoyo incondicional, y creer en mí para superarme y ser mejor día a día.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis dos hijos que desde el momento en que la tuve en mis brazos fue mi razón de superación, y desde ya todos mis logros son por ellos y para ellos.

A mis padres quiero agradecerles por estar presentes siempre, dedicándome su apoyo incondicional en todo, dándome las fuerzas y ánimos necesarios para poder seguir realizándome como profesional.

A mi centro de Estudios, la Universidad Cesar Vallejo por abrirme las puertas y dejar ser los buenos profesionales que somos hoy en día.

Como sabemos la elaboración de una tesis es difícil incluso muchos por lo mismo prefieren dar un paso a lado dejarla y no seguir, ya sea por falta de tiempo, inspiración, entusiasmo, o porque simplemente no es su prioridad, pero yo gracias a mi asesor y profesores que día a día supieron brindarme sus conocimientos guiándome de la mejor manera apoyándome en todo momento para nunca rendirme decidí seguir y así lograr mi único propósito que es poder sentirme orgulloso de mi mismos.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |      |
|--|------|
| CARÁTULA .....   | i    |
| DEDICATORIA.....   | ii   |
| AGRADECIMIENTOS .....  | iii  |
| ÍNDICE DE TABLAS .....   | vi   |
| ÍNDICE DE GRAFICAS.....  | vii  |
| RESUMEN .....  | viii |
| ABSTRACT .....   | ix   |
| I.INTRODUCCIÓN .....   | 2    |
| Formulación del Problema .....                                 | 3    |
| Problema General.....  | 4    |
| Problemas Específicos.....                                     | 4    |
| Justificación del Problema .....                               | 4    |
| Hipótesis General.....   | 4    |
| Hipótesis Específica.....                                      | 4    |
| Objetivo General .....   | 5    |
| Objetivos Específicos.....                                     | 5    |
| II.MARCO TEÓRICO.....  | 7    |
| Antecedentes Internacionales.....                              | 7    |
| Antecedentes Nacionales .....                                  | 8    |
| Artículos Científicos .....                                    | 11   |
| Tipos de Suelos Blandos: .....                                 | 12   |
| Limos .....  | 12   |
| Arcillas.....  | 12   |
| Suelos Licuables.....  | 12   |
| Límites de Atterberg .....                                     | 12   |
| Límite Líquido (LL).....                                       | 12   |
| Ensayos de Laboratorio .....                                   | 13   |
| Estabilización de Suelos.....                                  | 13   |
| III.METODOLOGÍA.....   | 16   |
| 3.1. Tipo Y Diseño De Metodología .....                        | 16   |
| Tipo De Investigación De Acuerdo A Fin: .....                  | 16   |
| Tipo De Investigación De Acuerdo Al Nivel: .....               | 16   |
| Tipo De Investigación De Acuerdo Al Diseño Metodológico: ..... | 16   |

|  |    |
|--|----|
| Tipo De Investigación De Acuerdo Al Enfoque: ..... | 17 |
| IV.RESULTADOS.....                                 | 21 |
| 4.1. Trabajo De Obtención De Datos.....            | 22 |
| V.DISCUSIÓN.....                                   | 37 |
| VI.CONCLUSIONES .....                              | 41 |
| VII.RECOMENDACIONES .....                          | 44 |
| REFERENCIAS.....                                   | 46 |
| ANEXOS.....  | 51 |

## INDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>TABLA N°01:</b> Densidad máxima seca/ Optimo Contenido de Humedad.....                                | 21 |
| <b>TABLA N°02:</b> Densidad máxima seca y % de Mucilago de Penca de Tuna (0%, 25%, 50% y 75%).....       | 21 |
| <b>TABLA N°03:</b> Máxima Densidad Seca / % de Mucilago de Penca de Tuna (0%,30%,45%,70%).....           | 22 |
| <b>TABLA N°04:</b> Optimo Contenido de Humedad / % de Mucilago de Penca de Tuna (0%, 30%, 45% y70%)..... | 24 |
| <b>TABLA N°05:</b> Compactación / % de Mucilago de Penca de Tuna (0%).....                               | 25 |
| <b>TABLA N°06:</b> Compactación / % de Mucilago de Penca de Tuna (25%).....                              | 26 |
| <b>TABLA N°07:</b> Compactación / % de Mucilago de Penca de Tuna (50%).....                              | 26 |
| <b>TABLA N°08:</b> Compactación / % de Mucilago de Penca de Tuna (75%).....                              | 26 |
| <b>TABLA N°09:</b> Compactación / % de Mucilago de Penca de Tuna (30%).....                              | 29 |
| <b>TABLA N°10:</b> Compactación / % de Mucilago de Penca de Tuna (45%).....                              | 29 |
| <b>TABLA N°11:</b> Compactación / % de Mucilago de Penca de Tuna (70%).....                              | 29 |
| <b>TABLA N°12:</b> Expansión / % de Mucilago de Penca de Tuna (0%).....                                  | 30 |
| <b>TABLA N°13:</b> Expansión / % de Mucilago de Penca de Tuna (25%).....                                 | 31 |
| <b>TABLA N°14:</b> Expansión / % de Mucilago de Penca de Tuna (50%).....                                 | 31 |
| <b>TABLA N°15:</b> Expansión / % de Mucilago de Penca de Tuna (75%).....                                 | 31 |
| <b>TABLA N°16:</b> Expansión / % de Mucilago de Penca de Tuna (30%).....                                 | 34 |
| <b>TABLA N°17:</b> Expansión / % de Mucilago de Penca de Tuna (45%).....                                 | 34 |
| <b>TABLA N°18:</b> Expansión / % de Mucilago de Penca de Tuna (70%).....                                 | 34 |

## ÍNDICE DE GRAFICAS

|  |    |
|--|----|
| <b>GRAFICA N°01:</b> Máxima Densidad Seca con % de Mucilago de Penca de Tuna.....                | 23 |
| <b>GRAFICA N°02:</b> Optimo Contenido de Humedad con % de Mucilago de Penca de Tuna.....         | 25 |
| <b>GRAFICA N°03:</b> Densidad Seca con % de Mucilago de Penca de Tuna (0%, 30%, 45% y 70%).....  | 30 |
| <b>GRAFICA N°04:</b> Desplazamiento con % de Mucilago de Penca de Tuna (0%, 30%, 45% y 70%)..... | 35 |

## RESUMEN

En este presente trabajo su objetivo principal fue dar a conocer la influencia que presenta un aditivo natural (Mucilago de Penca de Tuna) para una mejora de propiedades del terreno, sabiendo que hoy en día esto no es muy común ni aplicado por falta de estudios, pero esto ayudaría mucho a disminuir los costos en el diseño de las Zapatas.

Esta investigación se desarrolló con el único fin de que el Suelo cumpla un desempeño muy importante añadiéndole el Mucilago de Penca de Tuna para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo y ver las condiciones que cumple sin el agregado natural por lo tanto se hicieron comparaciones utilizando de referencia de tesis.

La investigación utilizó una metodología experimental donde desarrollaron ciertos ensayos como el CBR, Proctor Modificado, Límites de Atterberg, con agregado natural (Mucilago de Penca de Tuna) y Terreno natural para la tesis, de esta manera se identificó las siguientes dosificaciones de 30%, 45% y 70%.

Finalmente, con los ensayos se vio que es factible este uso ya que tiene un costo mínimo a comparación de un diseño especial para las zapatas de las edificaciones y se sugirió que se empleen más estudios para que este sea utilizado como el agregado que se merece.

**Palabras clave:** Expansión, Mucilago de Penca de Tuna, Resistencia.

## ABSTRAC

In this present work, its main objective was to show the influence of a natural additive (Mucilago de Penca de Tuna) for an improvement of soil properties, knowing that nowadays this is not very common or applied due to lack of studies. but this would help a lot to reduce the costs in the design of the Shoes.

This research was developed with the sole purpose that the Soil fulfills a very important performance by adding the Mucilago de Penca de Tuna to improve the physical and mechanical properties of the soil and see the conditions that it meets without the natural aggregate, therefore comparisons were made using thesis reference.

The research used an experimental methodology where they developed certain tests such as CBR, Modified Proctor, Atterberg Limits, with natural aggregate (Mucilago de Penca de Tuna) and Natural Terreno for the thesis, in this way the following dosages of 30% were identified, 45% and 70%.

Finally, with the tests it was seen that this use is feasible since it has a minimal cost compared to a special design for the footings of the buildings and it was suggested that more studies be used so that this is used as the addition it deserves.

**Keywords:** Expansion, Mucilago de Penca de Tuna, Resistance.

# **I. INTRODUCCIÓN**

## I. INTRODUCCIÓN

En América Latina, los países tales como Brasil, México y Chile, utilizaron los aditivos, el concreto y columnas de grava compactadas para estabilizar y consolidar los suelos blandos en las diversas construcciones, de esa manera mejoraron el suelo y evitaron los asentamientos. En el país de Chile el tratamiento del terreno lo realizaron de dos métodos de forma química y mecánica, para el procedimiento de estabilizar de forma química de la sub rasante en los suelos de tipo blando lo realizaron mediante la adición de Oxido de Calcio (CaO) como aditivo para la mejora en la durabilidad de los pavimentos asfálticos.

En México las medidas de prevención del fenómeno de licuación de suelos fueron realizadas mediante el método de una vibración, entre ellas se tiene la vibro flotación, la vibro compactación y la compactación dinámica, que se realiza al terreno en donde se va a desarrollar la construcción, que tuvo como objetivo de dosificarlo de forma controlada.

En el Perú el fenómeno de licuación en los suelos se desarrolló desde el siglo XVI, en donde se produjeron tres terremotos, que tuvieron como consecuencia la licuación de suelos, el primer caso sucedió en Chimbote en los años 70 en la costa peruana, el segundo el 29 de mayo de 1990 y el último el 4 de abril de 1991. En la actualidad las obras civiles comienzan en el suelo, siendo muchas veces la parte principal de la estructura de la edificación, en algunas ocasiones se necesita la mano del hombre para realizar los mejoramientos del terreno, puesto que el suelo donde se realizó las obras no cumplió con los estándares básicos que la norma en su momento solicitó.

En el Perú los fenómenos de suelos blandos (licuables) ocurren en la zona de la costa y selva del país. La licuación es generalmente desarrollada debido a la alta sismicidad y la máxima existencia de la población. Las diversas obras civiles situadas en zonas urbanas y rurales, tales como: edificaciones, carreteras, puente, canteras, túneles, etc., se encuentran desarrolladas en zonas donde el terreno no es apto para la realización de las mismas, ya que no cumplen con la NTP.

En las zonas de la costa del país existente muchas viviendas que se encuentran situadas cerca del océano, y su vez estas están consideradas como viviendas peligrosas, ya que en algún momento pueden sufrir asentamiento. Por otra parte,

la misma situación presenta la zona de la selva, puesto que su clima es muy húmedo y las constantes lluvias torrenciales, y a su vez estas hacen que presente gran porcentaje de humedad en los suelos. Por ello los pobladores de la selva realizan tu estabilización con el Óxido de Calcio o cemento ya que el terreno presenta mucha humedad para su estabilización de forma mecánica.

Por lo tanto, en el departamento de Lima, al sur de la ciudad se encuentra situado el distrito de Lurín, que presentan suelos blandos o también llamado suelos licuables, se denomina de esa manera cuando el terreno pierde su resistencia al corte y por lo tanto realiza otro comportamiento. Muchas veces la licuefacción afecta en gran parte a las cimentaciones y taludes. Una de sus condiciones para que se produzca este tipo de suelo es el nivel freático que se encontrar cerca de la superficie del terreno, la intensidad del terreno es alta y la compacidad muchas veces es baja.

Sin embargo, lo que se brindó es una alternativa de solución a la sociedad para que puedan aplicarlo como un método constructivo en sus viviendas, al incluir el mucílago, que es un gel extraído de la penca de la tuna o nopal. Dichos cactus crecen en suelos sueltos, arenosos y en suelos pocos fértiles, en una temperatura entre los 12 a 34°C, entre los 1700 a 2500 msnm en las regiones andinas donde se desarrolla espontánea y abundantemente.

### **Formulación del Problema**

En el AA.HH. Nuevo Lurín III, ubicado en el distrito de Lurín, se puede ver que el tipo de suelo no fue el adecuado para construcciones grandes, las mayorías de las viviendas solo presentaron edificaciones de un solo nivel, ya que si se le aplica mayor carga a las cimentaciones pueden sufrir asentamientos. Sin embargo, los pobladores de la zona de Lurín buscaron una solución para la realización de obras de edificios multifamiliares. Por lo tanto, se le propuso una alternativa para la mejora de las propiedades de los suelos blandos, aplicándole mucilago de penca de tuna, para ello se necesitó realizar diversos tipos de estudios para saber las cantidades que se debe de aplicar por metro cuadrado y así llegar a la estabilización del suelo.

## **Problema General**

¿Qué tanto influye el Mucílago de la Penca de Tuna en el mejoramiento de las propiedades de los suelos blandos, en el distrito de Lurín?

## **Problemas Específicos**

- ¿Cuánto influye la aplicación de Mucílago de Penca de Tuna en el óptimo contenido de humedad de los suelos blandos en el distrito de Lurín?
- ¿Cuánto influye la aplicación de Mucílago de Penca de Tuna en la Resistencia de suelos Blandos en el distrito de Lurín?
- ¿Qué tanto influye la adición de Mucílago de Penca de Tuna en la expansión en los suelos Blandos en el distrito de Lurín?

## **Justificación del Problema**

Para la Ingeniería Civil lo que se buscó, fue una alternativa de solución para las construcciones de viviendas, mejoramiento de la sub rasante, etc. ya que por el tipo de suelo que presentaba la zona, se tenía que realizar un diseño especial para las zapatas y eso hizo que se elevara los costos de las edificaciones y sea mucho mayor que lo propuesto. Este proyecto propuso implementar la estabilización y consolidación de los suelos blandos con la adición del mucilago de penca de tuna, y de ésta manera mejoró las propiedades del suelo y benefició a los pobladores de la zona económicamente en las construcciones de su vivienda, mejorando así el diseño estructural de las edificaciones, para evitar futuros asentamientos.

## **Hipótesis General**

La aplicación de Mucilago de Penca de Tuna mejora las propiedades de los suelos blandos en el distrito de Lurín.

## **Hipótesis Específica**

- La aplicación de Mucilago de Penca de Tuna ayuda a mejorar la resistencia de los suelos blandos en el distrito de Lurín.
- La aplicación de Mucilago de Penca de Tuna disminuye la expansión de los suelos blandos en el distrito de Lurín.
- La aplicación de Mucilago de Penca de Tuna aumenta el óptimo contenido de humedad de suelos blandos en el distrito de Lurín.

### **Objetivo General**

Evaluar la influencia de la aplicación del Mucilago de la penca de tuna para el mejoramiento de las propiedades de los suelos blandos en el distrito de Lurín.

### **Objetivos Específicos**

- Evaluar el contenido de humedad del suelo aplicando Mucilago de la Penca de Tuna en el distrito de Lurín.
- Evaluar la resistencia de los suelos Blandos utilizando Mucilago de la Penca de Tuna en el distrito de Lurín.
- Evaluar la expansión de los suelos blandos utilizando Mucilago de la Penca de Tuna en el distrito de Lurín.

## **II. MARCO TEÓRICO**

## II. MARCO TEÓRICO

### Antecedentes Internacionales

García (2013), en su investigación Titulada *Mucilago de Nopal (Opuntia spp.) sobre propiedades Micromorfológicas y estructurales del suelo en trigo*, de la Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, tuvo como **objetivo** evaluar si había diferencias en las propiedades físicas y químicas de un suelo arenoso y un suelo arcilloso por la aplicación de cantidades crecientes de mucilago de nopal, la investigación fue un estudio de tipo explicativo, El muestreo de la investigación fue 200g de muestra de suelo arenoso y 200g de suelo arcilloso, los instrumentos empleados para esta investigación fueron la cámara de ambiente controlado (horno), las fichas de análisis en donde se compara los datos de cada muestra. Los resultados de los análisis físicos y químicos de las propiedades de los suelos adicionándole Mucilago de tuna fueron los siguientes: los suelos arcillosos muestran mayor porcentaje de estabilidad a los 7 días después de la aplicación del mucilago de nopal, y los suelos arenosos el comportamiento de la estabilidad estructural en fue a los 21 días después de la aplicación del mucilago de nopal. De la misma manera se **concluyó** que el tratamiento en los suelos arcillosos con el 80% de mucilago de nopal y 20% de agua presento mayor valor de estabilidad de los agregados, y el tratamiento en los suelos arenosos con el 40% de mucilago de nopal y 60% de agua presento con mayor valor de estabilización <sup>1</sup>.

Aquino (2015), en su investigación Titulada *Reciclaje de Residuos de la Construcción para la Fabricación de Ladrillos Sustentables*, en la Universidad Nacional Autónoma de México, tuvo como objetivo investigar alternativas sustentables de reciclaje de los residuos de construcción con énfasis en el estudio de la fabricación de ladrillos que empleen como materia prima los residuos de excavación, agregados reciclados residuos de tala y agua de mucílago de nopal. La investigación tuvo un estudio de tipo descriptivo y explicativo, la población es la fabricación de ladrillos, El muestreo de la investigación fueron la elaboración de 9 ladrillos, los instrumentos utilizados las fichas de análisis en donde se compara los datos de cada muestra, maquina moldeadora de ladrillos, hornos solares prefabricados. Los resultados fueron favorables al proyecto de generación y aprovechamiento de los residuos de la construcción, para la fabricación usos de

ladrillos sustentables manifiesta ventajas principalmente ambiental y mucho más económico la construcción de un metro cuadrado de ladrillo rojo que con ladrillo sustentable. Se pudo concluir que la fabricación de los ladrillos utilizando agua de mucílago de nopal fue un insumo favorable para la fabricación del mismo cumpliendo con las normativas mexicanas de 30 a 80 kg/cm<sup>2</sup> <sup>2</sup>.

Ramírez (2008), en su investigación titulada *Propiedades Mecánicas y Microestructura de Concreto Conteniendo Mucilago de Nopal como aditivo Natural*, del **Instituto** Politécnico Nacional – México, tuvo como objetivo utilizar el mucilago de nopal como un aditivo natural en la elaboración de concreto hidráulico, con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas y microestructurales en estado endurecido, la investigación tuvo un estudio de tipo descriptivo y explicativo. Los instrumentos empleados fueron los formatos de los ensayos de laboratorio, las fichas de análisis, en donde se ve las mejoras del concreto con la adición de mucilago de nopal. Los principales resultados obtenidos con la adición de mucilago de nopal, para la mejora del concreto es el aumento de la viscosidad y ayuda como retardante para aumentar el tiempo de fraguado. **Se concluye**, que la adición de mucilago de nopal es óptima para la elaboración de concreto <sup>3</sup>.

### **Antecedentes Nacionales**

Mendizábal (2018), en su investigación titulada *Adición del Mucilago de Penca de Tuna para Estabilizar Suelo Arcilloso, Chilca*. De la Universidad Peruana los Andes, tuvo como objetivo Determinar los efectos en la sub rasante por la adición del mucilago de penca de tuna para la estabilización del suelo arcilloso en el Jirón La Unión. Fue un estudio de tipo descriptivo y explicativo, la población de la investigación fue desarrollada en el Jirón La Unión, en el distrito de Chilca, en la provincia de Huancayo en el departamento de Junín, la cual está conformada por 11 cuadras. Los muestreos fueron realizados entre las cuadras 10 y 11 en el Jirón de la Unión. Los instrumentos empleados fueron los formatos de los ensayos de laboratorio, las fichas de análisis, en donde se compara los datos obtenidos con diferentes porcentajes de adición de mucilago de nopal. Los principales resultados fueron al adicionar el mucilago de penca de tuna incremento el límite líquido, incrementando el valor de límite de plasticidad, disminución del índice de plasticidad, disminución de la expansión y a su vez aumento el CBR. Se concluyó

que este tipo de agregado es apto para la estabilización de la sub rasante según el Manual de Carreteras <sup>4</sup>.

Quintana y Vera, (2017), en su investigación titulada *Evaluación de la Erosión y la Resistencia a Compresión de adobes con sustitución parcial y total de agua en peso por mucilago de Tuna en porcentajes del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%*, de la Universidad Andina del Cusco, tuvieron como objetivo determinar la erosión y la resistencia a la compresión de adobes con sustitución parcial y total de agua por mucilago de Tuna en porcentajes del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. La investigación realizó un estudio de tipo descriptivo, la población de esta investigación está conformada por el adobe de 25x13x10cm aceptada por la Norma E0.80. El muestreo consistió en un grupo de residuos de elementos de dicha población al cual se le evalúan características particulares. Los instrumentos empleados fueron las guías para la recolección de datos, procedimientos de análisis de datos obtenidos de los diversos ensayos. El **Resultado** principal fue que el adobe que presenta 0% de Mucilago es lo que mayor porcentaje de variación de dimensión presenta en sus medidas mientras que el adobe con el 100% de mucilago de tuna presenta menor variación dimensional en todos sus lados, y presenta menor absorción que el adobe de 75%. Se **concluye** que al adicionar mucilago de tuna mejora sustantivamente los adobes con sustitución parcial y total <sup>5</sup>.

Bolaños, 2016, en su investigación titulada *Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna.*, tuvo como objetivo evaluar la resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna en diferentes porcentajes, la población de la investigación fue extraída de la cantera "Shaullo Chico", los resultados obtenidos de la investigación a compresión utilizando 5%, 10% y 15% de mucilago de tuna, siendo el adobe con mejor resistencia a la compresión el de 15%, dando como resultado 27.56 kg/cm<sup>2</sup>, en los ensayos de flexión y absorción los resultados fueron óptimos ya que la NTE – E. 080 no especifica los parámetros pero si la norma ASTM–C67 nos indica 4.77 kg/cm<sup>2</sup>. Dado los porcentajes utilizando 5%, 10% y 15% de mucilago de tuna presentaron valores de 6.47 kg/cm<sup>2</sup>, 6.81 kg/cm<sup>2</sup> y 6.11 kg/cm<sup>2</sup>, siendo el adobe con mejor resistencia a la flexión el de 10% de Mucilago de tuna.

Se puede **concluir** lo siguiente que al adicional cada porcentaje de mucilago de tuna mejoró las propiedades del adobe <sup>6</sup>.

Quiñones y Villacorta, (2019), en su investigación titulada *Impermeabilización de la Cubierta de las Casas de adobe en la ciudad de Otuzco caracterizado un Mortero a Base de Baba de Nopal en el Año 2018*, de la Universidad Privada Antenor Orrego Facultad de Ingeniería, tuvieron como **objetivo** determinar las características del mortero a base de baba de nopal, para mejorar la impermeabilización de la cubierta de las casas de adobe en la ciudad de Otuzco. La investigación realizó un estudio de tipo aplicada – pre experimental, su población de la investigación está conformada por las cubiertas de las casas de adobe y tapial de la ciudad de Otuzco, en donde las lluvias son frecuentes, en el muestreo fueron consideradas las tejas artesanales fabricadas en la misma ciudad. Los instrumentos empleados fueron las guías de las encuestas, la balanza electrónica, reloj (cronometro). Los **resultados** obtenidos fueron favorables ya que el porcentaje de mejora en cuanto a la impermeabilidad brinda tal mortero seleccionado como la mejor alternativa corto y largo plazo. Se puede **Concluir** que la adición de baba de nopal en la mejora del tarrajeo en las tejas de las casas disminuye en la impermeabilización de agua de lluvia en la temporada de invierno en la ciudad de Otuzco <sup>7</sup>.

Bulnes, 2018, en su investigación Titulada *Resistencia a la compresión de un mortero cemento-arena adicionando 10% y 20% de mucilago de nopal*, en la Universidad San Pedro, tenía como **objetivo** determinar la resistencia a la compresión de un mortero cemento-arena adicionando 10% y 20% de mucílago de nopal, es un estudio de tipo aplicada, la población es estudiar el comportamiento que tiene esta mezcla de elementos al ser utilizado en la elaboración de un mortero cemento-arena, la muestras del proyecto fueron de 27 probetas de mortero. Los instrumentos fueron las guías de observaciones, fichas técnicas del laboratorio. Los resultados obtenidos fueron que al adicionar 10% de mucilago de nopal aumenta la resistencia a la compresión, pero al adicionar 20% es mucho más resistente en todos los procesos de 7, 14 y 2 días. Se puede concluir que la adición de 10% y 20% de mucilago de nopal mejora la resistencia del mortero <sup>8</sup>.

## Artículos Científicos

Ojeda, 2014, en su investigación Titulada *Mucilago de Nopal (Opuntia spp.) En suelo Arcilloso y arenoso con trigo*, de la Universidad Autónoma Chapingo en México, su objetivo general fue evaluar las características del mucilago en los suelos arcillosos y arenosos, es un estudio de tipo experimental, las muestras del proyecto fueron tomadas la primera del Campo Experimental Bajío y la Otra del Colegio de Postgraduados - Campus Montecillo, para el muestreo, se utilizó 300ml de mucilago y 200 g de cada tipo de suelo. Los resultados obtenidos fueron que los tratamientos de estos tipos de suelos son con mayor cantidad de mucilago adicionando el 80% de mucilago y 20 % de agua <sup>9</sup>.

Aparicio, 2016, en su investigación Titulada *Fabricación del ladrillo sustentable adicionando mezcla de mucilago denominado "Blocks – Echerhirhu"*, en el **Universidad** Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, tuvieron como objetivo sustituir la manera tradicional de fabricación de lo ladrillo. Teniendo como resultados la reducción de los diversos combustibles durante el proceso de cocción que son catalogados como gases de efecto invernadero. Podemos concluir que el mucilago de nopal al mezclarlo con la arcilla produce alta resistencia, puede soportar una compresión de 12 toneladas. La fabricación del ladrillo puede ser utilizado en las construcciones, ya que es más ligero al convencional <sup>10</sup>.

Neftalí, 2015, en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, creo un prototipo de ladrillo ecológico para la industria de la construcción. Tiene como objetivo principal la reducción de los residuos de obras civiles para la fabricación del eco-ladrillo. Los resultados son favorables favorece a la comunidad como un aislante térmico, permite reducción los gastos energéticos <sup>11</sup>.

Rodríguez, Algarra, Cárdenas y Aristas, 2015, en la Facultad de Ingeniería, en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Diseño de adobes urbanos para construcción de vivienda en México. Tiene como objetivo la fabricación de adobes con aditivos de mucilago de nopal. Teniendo como **Conclusión** final que el adobe es un material favorable para las construcciones <sup>12</sup>.

**Suelos Blandos:** “[...], Se define como suelo arcilloso o arcilloso limoso que es geológicamente joven y llega a un equilibrio bajo tiene su propio peso, pero no ha

experimentado una consolidación secundaria o tardía significativa desde su formación. [...]” [13].

### **Tipos de Suelos Blandos:**

**Limos:** Son fragmentaciones microscópicas de suelo de cuarzo <sup>14</sup>. El diámetro de las partículas para este tipo de suelo comprende entre 0.05mm y 0.002mm de acuerdo a la norma AASHTO y en partículas inferiores a 0.075mm para el sistema unificado según SUCS

**Arcillas:** Son en su mayoría partículas en forma microscópicas de arcillas y otros minerales, son partículas menores 0.002 <sup>15</sup>.

**Suelos Licuables:** Efecto causados por movimientos sísmicos, suelo granular saturado, que por lo general produce el hundimiento y colapso de las estructuras cimentadas <sup>16</sup>.

**Límites de Atterberg:** Son límites que se basan en el concepto de que los suelos de grano fino se dividen en cuatro estados según su humedad <sup>17</sup>.

**Límite Líquido (LL):** Es el contenido de humedad que posee una muestra de suelo, a la cual se determina de forma manual utilizando el equipo denominado Copa de Casagrande. Por lo tanto, es cuando la muestra realiza una transformación pasando de un estado líquido a un estado plástico. Este valor se denomina humedad a una profundidad de penetración de 20mm <sup>18</sup>.

“[...], el contenido de humedad, en porcentaje, necesario para cerrar una distancia de 12.7mm a lo largo de la parte inferior de la ranura [...] después de 25 golpes se define como límite líquido [...]” [19].

**Límite plásticos:** “[...] se define como el contenido de humedad, [...]” [20]. Se determina mediante el ensayo manual, elaborando pequeñas barritas de Ø3.2mm, en una superficie lisa hasta llegar al punto de fracturarse.

**Capacidad Portante:** Es la Máxima presión, tal que no se produzca un fallo. Por lo tanto, la capacidad portante es la capacidad del suelo, que ejerce una estructura sobre la misma <sup>21</sup>.

## Ensayos de Laboratorio

**a. Ensayo tipo Proctor modificado:** Es un ensayo que nos permite determinar la relación que existe entre el contenido de humedad y el peso unitario seco del suelo, compactando en un molde de 4" o 6" de diámetro con pistón de 10lb<sup>22</sup>.

**b. Estudio de Mecánica de Suelos (EMS):** Es un ensayo manual que se utiliza en la extracción de una muestra de suelos, y ser procesada en el laboratorio para la determinación a qué tipo de suelo pertenece.

Es estudio del terreno adecuado de una obra determinada, para determinar la importancia de la misma y de la naturaleza del terreno *in situ* <sup>23</sup>.

**c. Ensayo de California Bearing Ratio (CBR):** Es un ensayo para determinar la resistencia de penetración del suelo producido sobre un molde, los valores de esfuerzo deben ser determinados y corregidos para cada especie a 2.54 y 5.08 mm de penetración <sup>24</sup>.

**Estabilización de Suelos:** Es la consolidación del suelo, a través de la utilización de equipos mecánicos o la incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos <sup>25</sup>.

**a. Estabilización Física:** Se desarrolla para mejorar las propiedades del suelo produciendo variaciones físicas, por lo general son mezcla de un suelo con otro <sup>26</sup>.

**b. Estabilización Mecánica:** La compactación mediante una combinación de la presión de un equipo y el suelo existente, aplicando una presión de contacto que puedan variar de 1380 a 6900 kN/m<sup>2</sup> <sup>27</sup>.

**Estabilización Química:** "Consiste en adicionar porcentajes apropiados de diversos aditivos tales como: cemento portland, cal, cal – cemento, ceniza volante, puzolana, etc. Para la combinación con el suelo, [...]" [28].

**Tuna:** Es una planta muy fibrosa, alargada y gruesa, crece superficialmente y se introduce con mucha facilidad en las grietas características. Son muy útil para conservación de los suelos, se adaptan fácilmente al suelo y clima que donde normalmente vive, [...]<sup>29</sup>.

**Mucilago de penca de tuna:** Es una sustancia con una textura viscosa, también se emplea para diluir líquidos y para aumentar la viscosidad [...]<sup>30</sup>.

**Composición química de la penca de la tuna:** "La penca de tuna contiene elevada cantidad de agua, compuestos hidrocbonatos entre los que destacan galactosa, xilosa, arabinosa y la fibra dietética que está constituida por diferentes

proporciones de lignina, hemicelulosa, pectina mucílago (fibra soluble), celulosa (fibra insoluble) y gomas, además de proteínas y pequeñas cantidades de calcio, hierro, ácido ascórbico, tiamina, riboflavina y niacina. Su gran contenido de agua, hace que se lleve a cabo diferentes reacciones del metabolismo orgánico, dando origen a nuevos compuestos importantes. [...] [31]

### **III. METODOLOGÍA**

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. TIPO Y DISEÑO DE METODOLOGÍA**

##### **TIPO DE INVESTIGACIÓN DE ACUERDO A FIN:**

Investigación de tipo Aplicada - Retroprospectivo: Puesto que tiene como objetivo estudiar todas las posibilidades de solución, utilizando el aditivo natural, para resolver los problemas de asentamientos en las diferentes construcciones de viviendas y así de esta manera dando solución a un problema en una comunidad. “La investigación aplicada también es una investigación original emprendido para adquirir nuevos conocimientos. Sin embargo, dirigida primordialmente hacia un fin u objetivo práctico específico” [32].

##### **TIPO DE INVESTIGACIÓN DE ACUERDO AL NIVEL:**

Investigación de tipo Explicativo Correlacional: Tiene como función la explicación de la causa-efecto correspondiente a las variables. La investigación de tipo explicativo correlacional no describe solamente los que hay entre dos o más variables, sino la relación que puedan tener ellos entre sí <sup>33</sup>.

##### **TIPO DE INVESTIGACIÓN DE ACUERDO AL DISEÑO METODOLÓGICO:**

Investigación de tipo Retroprospectivo: Debido a que se manipularan intencionalmente las cantidades del mucilago de penca de tuna (30%, 45% y 70%) en el suelo, con el objetivo de analizar su influencia en las propiedades físicas-mecánicas del suelo, además se sub clasifican como cuasi experimental, puesto a que el tipo de material para el presente estudio ha sido pre definido (mejoramiento de Suelo ) por el investigador, contando con cuatro ensayos que corresponden a la muestra patrón y a tres muestras con el mucilago de penca de tuna en (30, 45% y 70%) del volumen en litros de agua, dosificaciones elegidas tentativamente en base a diferentes estudios previos autor (MENDIZABAL HOBISPO, KATHERYN en 25%, 50% y 75%) realizados en estabilización de suelos.

“Dicho de una exposición o de una muestra: Que presenta cronológicamente las obras de un artista o un grupo con el fin de mostrar cabalmente su trayectoria” [34].

## **TIPO DE INVESTIGACIÓN DE ACUERDO AL ENFOQUE:**

3.2. Investigación de Enfoque Cuantitativo: Porque se va a realizar la toma de datos de los resultados del laboratorio para así comprobar con la hipótesis planteada.

### **3.2. VARIABLE Y OPERACIONALIZACIÓN**

#### **• Definición Conceptual**

##### **V.I. Mucilago de Penca de Tuna**

Es una sustancia con una textura viscosa, también se emplea para diluir líquidos y para aumentar la viscosidad [...] <sup>35</sup>.

##### **V.D. Suelos Blandos**

“[...], Se define como suelo arcilloso o arcilloso limoso que es geológicamente joven y llega a un equilibrio bajo tiene su propio peso, pero no ha experimentado una consolidación secundaria o tardía significativa desde su formación. [...]” [36].

#### **• Definición Operacional**

##### **V.I. Mucilago de Penca de Tuna**

Para el desarrollo de este proyecto se va adicionar el aditivo natural, en tres dosis diferentes (30%, 45% y 70%) para la estabilización de suelos blandos.

##### **V.D. Suelos Blandos**

Se va extraer una muestra del suelo donde se va a realizar la investigación, luego se llevará al laboratorio para la realización de los diferentes ensayos, adicionándole el aditivo natural.

#### **• Indicadores**

##### **V.I. Mucilago de Penca de Tuna**

Los indicadores son la aplicación de mucilago en 30%, 45% y 70%.

##### **V.D. Suelos Blandos**

Los indicadores son los Límites de Atterberg, Contenido de Humedad, Resistencia de Suelos Blandos.

## • Instrumentos

### V.I. Mucilago de Penca de Tuna

Los instrumentos son experimentos aplicados en porcentajes de mucilago por litro de agua.

### V.D. Suelos Blandos

Los instrumentos son los Ensayos de copa de Casagrande, SPT, Proctor Modificado, CBR, Ensayo de Corte Directo, Ensayo de Capacidad de Sales.

**Operacionalización:** Es una definición de la variable que especifica el procedimiento para darle sentido concreto a la investigación, y con ello identificar los indicadores para que permitan realizar sus mediciones de forma cuantitativa.

“La operacionalización o medición es el proceso a través del cual el investigador intenta convertir las diversas dimensiones de un concepto en entidades directamente medibles. [...]” [37].

### 3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

**Población:** Todas las Calicatas del en los diferentes tipos de suelos del AA.HH. Nuevo Lurín III, en el distrito de Lurín.

**Muestra:** La muestra para la sustentación se basa en la NTP E.050, de Suelos y Cimentaciones donde en la Tabla nº 2.1.2 indica el tipo de estructura que para este proyecto sería de tipo B, y Según la Tabla nº 2.3.2 nos indica el número de puntos a investigar según nuestro tipo de edificación que sería 1 muestra cada 450m<sup>2</sup>. (NTP, mínimo 03 Calicatas), para la construcción de una edificación de 120m<sup>2</sup> en el AA.HH. Nuevo Lurín III, en el distrito de Lurín.

**Muestreo:** Está dado de forma no probabilístico puesto que se establecerá una cantidad de ensayos determinados a una muestra obtenida.

### 3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**Técnicas:** Las técnicas utilizadas será el estudio que compara a dos grupos de investigaciones, aquellos que fueron realizados con una causa (Mucilago de Penca de Tuna = Variable independiente), similar condición, pero que no pueden ser

realizados, pero si comparados (análisis Documental) por tener un similar antecedente o igual condición experimental.

**Instrumentos:** Método del análisis documental, el cual, dará la oportunidad de obtener datos mediante el acceso a la información de los ensayos realizados de las tesis con antecedentes de mejoramiento de subrasante, los cuales se buscarán en los repositorios de las Universidades que cuentan con la carrera de Ingeniería Civil a nivel nacional e internacional; así mismo, también se obtendrá la teoría del mejoramiento de subrasante en los Artículos Científicos, los cuales se encontrarán en las páginas web de las revistas de investigación on-line. El análisis documental es una forma de investigación técnica, un conjunto de operaciones intelectuales, que buscan describir y representar los documentos de forma unificada sistemática para facilitar su recuperación, [...]. [38].

### **3.5. PROCEDIMIENTOS:**

Se realizó la búsqueda de las tesis referentes a nuestra investigación por nuestra técnica documental, en base a las similitudes condiciones (tipo de suelo, tipo de aditivos, tipo de ensayos, similar altitud y similar lugar) para posteriormente a ello, obtener sus datos mediante la Interpolación respetando los aportes; para luego, poder realizar nuestros propios análisis de resultados, los mismos que serán presentado en tablas y gráficos.

### **3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS:**

Para la selección de datos se ejecutará mediante la comparación a dos grupos de investigación: un primer grupo que fueron realizados con una causa y efecto, contra otro grupo, en muy similar condición, pero que no podrán ser realizados, pero si comparados (análisis documental); permitiendo tomar apuntes de sus resultados del primero en forma de datos interpolados, y asemejarlos a una posible solución, pues tienen un similar antecedente e igual condición experimental. [...], Los datos de la investigación que se generaran, recopilaran, procesaran deben de estar respaldadas por los objetivos del estudio, [...]<sup>39</sup>.

### **3.7. ASPECTOS ÉTICOS**

Como alumno de la escuela profesional de Ingeniería de la facultad de Ingeniería Civil, hago mención que este proyecto se ha desarrollado con total respeto, lealtad

y honestidad que se merece, de la misma manera confirmo no haber plagiado tesis de otros autores, respetando sus ideas, tablas, resultados de investigación de laboratorio y conclusiones.

“Conjunto de normas morales que rigen la conducta de la persona en cualquier ámbito de la vida”<sup>40</sup>.

## **IV. RESULTADOS**

## **Tema proyectado**

Aplicación de mucilago de Penca de Tuna, para mejorar las propiedades de suelos blandos, en el distrito de Lurín, Lima 2020.

### **4.1. TRABAJO DE OBTENCIÓN DE DATOS**

Durante el proceso de realizar esta investigación, comenzó un problema de emergencia sanitaria en todo el mundo, que se llevó a cabo a partir del febrero y está proyectado a Diciembre 2020, por el virus COVID 19 ocasionando una pandemia, como un plan para reducir los contagios se decretó la inmovilización domiciliaria, el cual estaba prohibido el transporte interprovincial y local, las construcciones pararon y los laboratorios de concreto y suelos se mantuvieron cerrados. Por el cual, la presente investigación optó por la técnica de análisis documental, a través de esta técnica se recolectó información de fuentes secundarias para elaborar el desarrollo del proyecto. Método que dio la oportunidad de obtener teoría de artículos científicos, libros que se encontraban en las páginas web, así como también obtener datos de los ensayos realizados de las tesis presentes en los repositorios de las universidades de la carrera de Ingeniería Civil tanto nacionales e internacionales.

#### **Trabajo De Laboratorio de Suelos**

Se realizaron 03 calicatas y fueron derivadas al laboratorio para la realización de los ensayos de Atterberg (límites líquidos, límites plásticos, índice de plasticidad), CBR y Proctor modificado.

#### **Resultados comparativos de laboratorio encontrados de las respectivas tesis:**

##### **Tesis 1:**

“Adición del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelo arcilloso, Chilca – Huancayo – 2018”

Ing. Mendizábal Hobispo, Katheryn Roxana.

### **Ensayo N°01 de Proctor Modificado:**

**TABLA N°01:** Densidad máxima seca/ Optimo Contenido de Humedad

| <b>Porcentaje de Mucilago de Penca de Tuna</b> | <b>Densidad Máxima Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>Optimo Contenido de Humedad (%)</b> |
|--|---|--|
| 0%   | 1.846   | 13.7                                   |
| 25%  | 1.850   | 14.0                                   |
| 50%  | 1.854   | 14.2                                   |
| 75%  | 1.860   | 14.85                                  |

**Fuente:** Ing. Mendizábal Hobispo, Katheryn Roxana.

### **Interpolación lineal**

La interpolación es un proceso de estimación de valores entre los puntos conocidos. MATLAB tiene funciones de interpolación basadas en polinomios y transformaciones de Fourier. Es el subconjunto matemático del análisis numérico. La interpolación se llama obtener nuevos puntos basados en el conocimiento de un conjunto de puntos. También la interpolación es una técnica muy útil para aproximar funciones, para estimar valores intermedios de las mismas en una serie de datos. Calcular la Máxima Densidad Seca con el método de interpolación lineal.

Se procedió calcular la densidad seca por cada porcentaje de Mucilago de Penca de Tuna si puede apreciar en el gráfico.

**TABLA N°02:** Densidad máxima seca y % de Mucilago de Penca de Tuna (0%, 25%, 50% y 75%).

| <b>Porcentaje de Mucilago de Penca de Tuna</b> | <b>Densidad Máxima Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b> |
|--|---|
| 0%   | 1.846   |
| 25%  | 1.850   |
| 50%  | 1.854   |
| 75%  | 1.860   |

**Fuente:** Ing. Mendizábal Hobispo, Katheryn Roxana.

### Calculo de Interpolación para determinar Máxima Densidad Seca:

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 30% |           |
|----------|-----------|
| 25%      | 1.846     |
| 30%      | <b>Y1</b> |
| 50%      | 1.854     |

$$Y1 = 1.846 + \frac{1.854 - 1.846}{50 - 25} * (30 - 25)$$

$$Y1 = 1.851 \text{ gr/cm}^3$$

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 45% |           |
|----------|-----------|
| 25%      | 1.846     |
| 45%      | <b>Y1</b> |
| 50%      | 1.854     |

$$Y1 = 1.846 + \frac{1.854 - 1.846}{50 - 25} * (45 - 25)$$

$$Y1 = 1.853 \text{ gr/cm}^3$$

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 70% |           |
|----------|-----------|
| 50%      | 1.854     |
| 70%      | <b>Y1</b> |
| 75%      | 1.860     |

$$Y1 = 1.854 + \frac{1.86 - 1.854}{75 - 50} * (70 - 50)$$

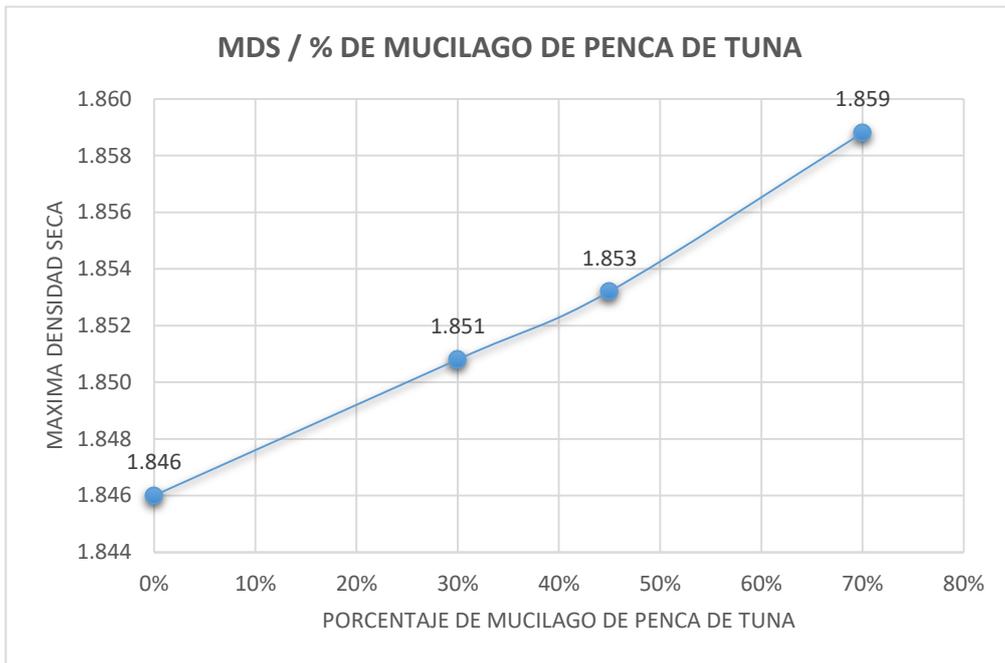
$$Y1 = 1.859 \text{ gr/cm}^3$$

**TABLA N°03:** Máxima Densidad Seca / % de Mucilago de Penca de Tuna (0%,30%,45%,70%)

| Porcentaje de Mucilago de Penca de Tuna | Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) |
|---|--|
| 0%                                      | 1.846                                      |
| 30%                                     | 1.851                                      |
| 45%                                     | 1.853                                      |
| 70%                                     | 1.859                                      |

**Fuente:** Elaboración Propia.

**GRAFICA N°01: Máxima Densidad Seca con % de Mucilago de Penca de Tuna**



**Fuente:** Elaboración Propia

**Interpretación:** En el grafico se observa, los resultados de densidad Máxima Seca con los porcentajes de Mucilago de Penca de Tuna. El ensayo de Máxima densidad Seca en el terreno es de 1.846 gr/cm<sup>3</sup>, al adicionar el 30% de aditivo de mucilago de penca de tuna la MDS aumento a 1.851 gr/cm<sup>3</sup>, al adicionar el 45% de aditivo de mucilago de penca de tuna la MDS aumento a 1.853 gr/cm<sup>3</sup> y al añadir 70% de aditivo de mucilago de penca de tuna la MDS aumento en 1.859 gr/cm<sup>3</sup>. Esto quiere decir que a mayor porcentaje de mucilago de penca de tuna aumenta la densidad seca.

**Calculo de Interpolación para determinar Optimo Contenido de Humedad:**

- Cálculo de Y1 con la interpolación Lineal.

| Para 30% |           |
|----------|-----------|
| 25%      | 14.0      |
| 30%      | <b>Y1</b> |
| 50%      | 14.2      |

$$Y1 = 14.0 + \frac{14.2 - 14.0}{50 - 25} * (30 - 25)$$

$$Y1 = 14.04\%$$

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 45% |           |
|----------|-----------|
| 25%      | 14.0      |
| 45%      | <b>Y1</b> |
| 50%      | 14.2      |

$$Y1 = 14.0 + \frac{14.2 - 14.0}{50 - 25} * (45 - 25)$$

$$**Y1 = 14.16%**$$

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 70% |           |
|----------|-----------|
| 50%      | 14.2      |
| 70%      | <b>Y1</b> |
| 75%      | 14.9      |

$$Y1 = 14.2 + \frac{14.9 - 14.2}{75 - 50} * (70 - 50)$$

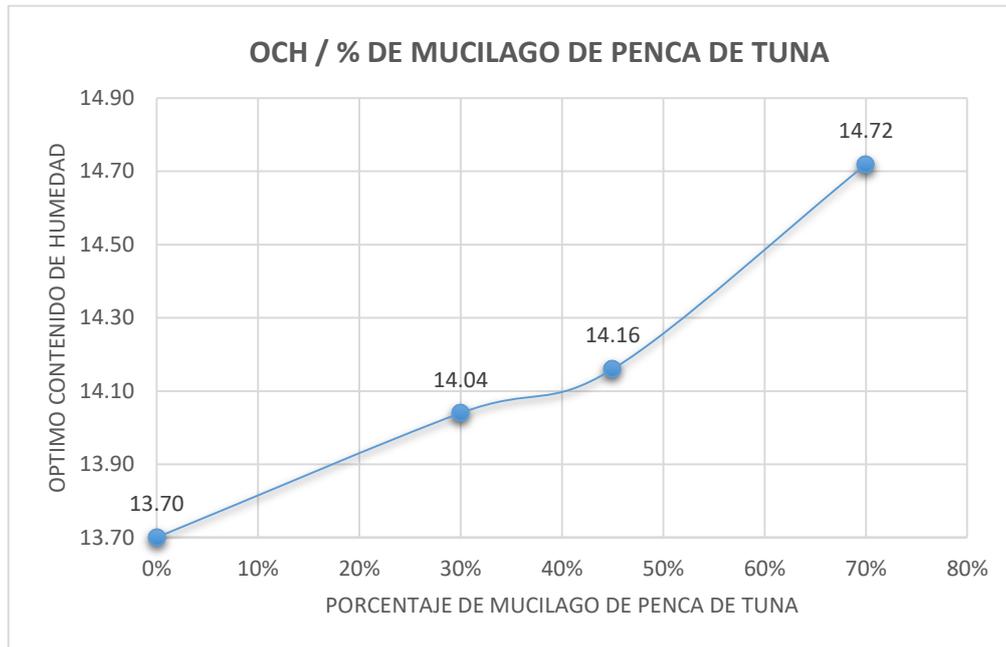
$$**Y1 = 14.7 %**$$

**TABLA N°04:** Optimo Contenido de Humedad / % de Mucilago de Penca de Tuna (0%, 30%, 45% y70%).

| Porcentaje de Mucilago de Penca de Tuna | Optimo Contenido de Humedad (%) |
|---|---------------------------------|
| 0%                                      | 13.70%                          |
| 30%                                     | 14.04%                          |
| 45%                                     | 14.16%                          |
| 70%                                     | 14.72%                          |

**Fuente:** Elaboración Propia.

**GRAFICA N°02:** Optimo Contenido de Humedad con % de Mucilago de Penca de Tuna.



**Fuente:** Elaboración Propia.

**Interpretación:** En el grafico se observa, los resultados de Optimo Contenido de Humedad con los porcentajes de Mucilago de Penca de Tuna. El ensayo de Optimo Contenido de Humedad en el terreno es de 13.70%, al adicionar el 30% de aditivo de mucilago de penca de tuna la OCH aumento a 14.04%, al adicionar el 45% de aditivo de mucilago de penca de tuna la OCH aumento a 14.16% y al añadir 70% de aditivo de mucilago de penca de tuna la OCH aumento en 14.72%. Esto quiere decir que a mayor porcentaje de mucilago de penca de tuna aumenta la densidad seca y el Optimo Contenido de Humedad.

**Ensayo N°02 de CBR:**

**TABLA N°05:** Compactación / % de Mucilago de Penca de Tuna (0%)

| COMPACTACION  |                          |                          |                          |
|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| N° DE MOLDE   | MOLDE N°01<br>(56GOLPES) | MOLDE N°02<br>(25GOLPES) | MOLDE N°03<br>(10GOLPES) |
| N° DE CAPAS   | 5                        | 5                        | 5                        |
| N° DE GOLPES  | 56                       | 25                       | 10                       |
| DENSIDAD SECA | 1.846                    | 1.809                    | 1.62                     |

**Fuente:** Ing. Mendizábal Hobispo, Katheryn Roxana.

**TABLA N°06:** Compactación / % de Mucilago de Penca de Tuna (25%)

| COMPACTACION  |                          |                          |                          |
|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| N° DE MOLDE   | MOLDE N°01<br>(56GOLPES) | MOLDE N°02<br>(25GOLPES) | MOLDE N°03<br>(10GOLPES) |
| N° DE CAPAS   | 5                        | 5                        | 5                        |
| N° DE GOLPES  | 56                       | 25                       | 10                       |
| DENSIDAD SECA | 1.855                    | 1.812                    | 1.649                    |

*Fuente:* Ing. Mendizábal Hobispo, Katheryn Roxana.

**TABLA N°07:** Compactación / % de Mucilago de Penca de Tuna (50%)

| COMPACTACION  |                          |                          |                          |
|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| N° DE MOLDE   | MOLDE N°01<br>(56GOLPES) | MOLDE N°02<br>(25GOLPES) | MOLDE N°03<br>(10GOLPES) |
| N° DE CAPAS   | 5                        | 5                        | 5                        |
| N° DE GOLPES  | 56                       | 25                       | 10                       |
| DENSIDAD SECA | 1.856                    | 1.815                    | 1.669                    |

*Fuente:* Ing. Mendizábal Hobispo, Katheryn Roxana.

**TABLA N°08:** Compactación / % de Mucilago de Penca de Tuna (75%)

| COMPACTACION  |                          |                          |                          |
|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| N° DE MOLDE   | MOLDE N°01<br>(56GOLPES) | MOLDE N°02<br>(25GOLPES) | MOLDE N°03<br>(10GOLPES) |
| N° DE CAPAS   | 5                        | 5                        | 5                        |
| N° DE GOLPES  | 56                       | 25                       | 10                       |
| DENSIDAD SECA | 1.862                    | 1.826                    | 1.680                    |

*Fuente:* Ing. Mendizábal Hobispo, Katheryn Roxana.

**Calculo de Interpolación para determinar Densidad Seca:**

**Calculando adicionando 30% de MPT**

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 30% MOLDE – 1 |           |
|--------------------|-----------|
| 25%                | 1.855     |
| 30%                | <b>Y1</b> |
| 50%                | 1.856     |

$$Y1 = 1.855 + \frac{1.856 - 1.855}{50 - 25} * (30 - 25)$$

$$Y1 = 1.8552 \text{ gr/cm}^3$$

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 30% MOLDE – 2 |           |
|--------------------|-----------|
| 25%                | 1.812     |
| 30%                | <b>Y1</b> |
| 50%                | 1.815     |

$$Y1 = 1.812 + \frac{1.815 - 1.812}{50 - 25} * (30 - 25)$$

$$Y1 = 1.8126 \text{ gr/cm}^3$$

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 30% MOLDE – 3 |           |
|--------------------|-----------|
| 25%                | 1.649     |
| 30%                | <b>Y1</b> |
| 50%                | 1.669     |

$$Y1 = 1.649 + \frac{1.669 - 1.649}{50 - 25} * (30 - 25)$$

$$Y1 = 1.653 \text{ gr/cm}^3$$

### Calculando adicionando 45% de MPT

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 45% MOLDE – 1 |           |
|--------------------|-----------|
| 25%                | 1.855     |
| 45%                | <b>Y1</b> |
| 50%                | 1.856     |

$$Y1 = 1.855 + \frac{1.856 - 1.855}{50 - 25} * (45 - 25)$$

$$Y1 = 1.8558 \text{ gr/cm}^3$$

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 45% MOLDE – 2 |           |
|--------------------|-----------|
| 25%                | 1.812     |
| 45%                | <b>Y1</b> |
| 50%                | 1.815     |

$$Y1 = 1.812 + \frac{1.815 - 1.812}{50 - 25} * (45 - 25)$$

$$Y1 = 1.8144 \text{ gr/cm}^3$$

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 45% MOLDE – 3 |           |
|--------------------|-----------|
| 25%                | 1.649     |
| 45%                | <b>Y1</b> |
| 50%                | 1.669     |

$$Y1 = 1.649 + \frac{1.669 - 1.649}{50 - 25} * (45 - 25)$$

$$Y1 = 1.665 \text{ gr/cm}^3$$

### Calculando adicionando 70% de MPT

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 70% MOLDE – 1 |           |
|--------------------|-----------|
| 50%                | 1.856     |
| 70%                | <b>Y1</b> |
| 75%                | 1.862     |

$$Y1 = 1.862 + \frac{1.862 - 1.856}{75 - 50} * (70 - 50)$$

$$Y1 = 1.8608 \text{ gr/cm}^3$$

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 70% MOLDE – 2 |           |
|--------------------|-----------|
| 50%                | 1.815     |
| 70%                | <b>Y1</b> |
| 75%                | 1.826     |

$$Y1 = 1.815 + \frac{1.826 - 1.815}{75 - 50} * (70 - 50)$$

$$Y1 = 1.8238 \text{ gr/cm}^3$$

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 70% MOLDE – 3 |           |
|--------------------|-----------|
| 50%                | 1.669     |
| 70%                | <b>Y1</b> |
| 75%                | 1.680     |

$$Y1 = 1.669 + \frac{1.68 - 1.669}{75 - 50} * (70 - 50)$$

$$Y1 = 1.6778 \text{ gr/cm}^3$$

**TABLA N°09:** Compactación / % de Mucilago de Penca de Tuna (30%)

| COMPACTACION  |                          |                          |                          |
|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| N° DE MOLDE   | MOLDE N°01<br>(56GOLPES) | MOLDE N°02<br>(25GOLPES) | MOLDE N°03<br>(10GOLPES) |
| N° DE CAPAS   | 5                        | 5                        | 5                        |
| N° DE GOLPES  | 56                       | 25                       | 10                       |
| DENSIDAD SECA | 1.855                    | 1.813                    | 1.653                    |

*Fuente:* Elaboración Propia.

**TABLA N°10:** Compactación / % de Mucilago de Penca de Tuna (45%)

| COMPACTACION  |                          |                          |                          |
|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| N° DE MOLDE   | MOLDE N°01<br>(56GOLPES) | MOLDE N°02<br>(25GOLPES) | MOLDE N°03<br>(10GOLPES) |
| N° DE CAPAS   | 5                        | 5                        | 5                        |
| N° DE GOLPES  | 56                       | 25                       | 10                       |
| DENSIDAD SECA | 1.856                    | 1.814                    | 1.665                    |

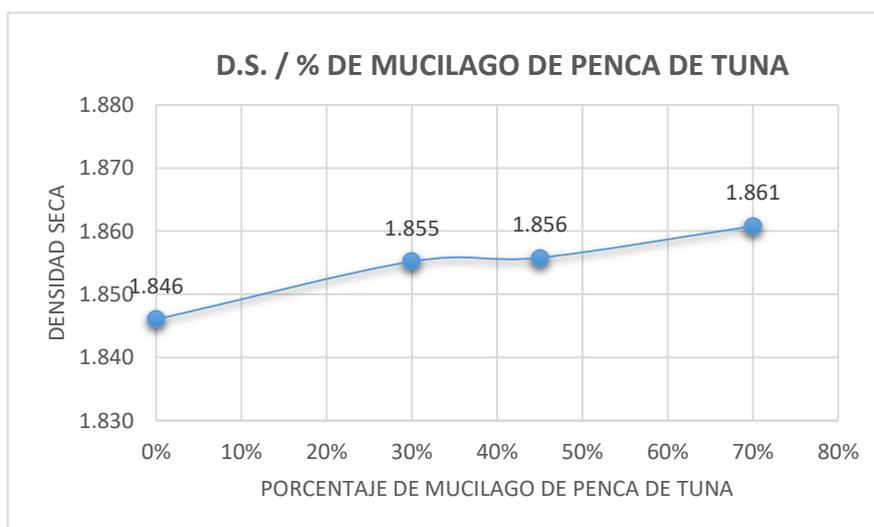
*Fuente:* Elaboración Propia.

**TABLA N°11:** Compactación / % de Mucilago de Penca de Tuna (70%)

| COMPACTACION  |                          |                          |                          |
|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| N° DE MOLDE   | MOLDE N°01<br>(56GOLPES) | MOLDE N°02<br>(25GOLPES) | MOLDE N°03<br>(10GOLPES) |
| N° DE CAPAS   | 5                        | 5                        | 5                        |
| N° DE GOLPES  | 56                       | 25                       | 10                       |
| DENSIDAD SECA | 1.861                    | 1.824                    | 1.678                    |

*Fuente:* Elaboración Propia.

**GRAFICA N°03:** Densidad Seca con % de Mucilago de Penca de Tuna (0%, 30%, 45% y 70%).



*Fuente:* Elaboración Propia.

**Interpretación:** En el grafico se observa, los resultados de Densidad Seca con los porcentajes de Mucilago de Penca de Tuna. El ensayo de Densidad Seca en el terreno al 100% es de 1.846 gr/cm<sup>3</sup>. Al adicionar el 30% de aditivo de mucilago de penca de tuna la DS aumento a 1.855 gr/cm<sup>3</sup>, al adicionar el 45% de aditivo de mucilago de penca de tuna la DS aumento a 1.856 gr/cm<sup>3</sup> y al añadir 70% de aditivo de mucilago de penca de tuna la DS aumento en 1.861 gr/cm<sup>3</sup> Esto quiere decir que a mayor porcentaje de mucilago de penca de tuna aumenta la densidad seca y mejora su resistencia.

**Ensayo N°03 de CBR:**

**TABLA N°12:** Expansión / % de Mucilago de Penca de Tuna (0%)

| <b>% DE EXPANSIÓN</b>        |      |                              |      |                              |      |
|------------------------------|------|------------------------------|------|------------------------------|------|
| <b>MOLDE N°01 (56GOLPES)</b> |      | <b>MOLDE N°02 (25GOLPES)</b> |      | <b>MOLDE N°03 (10GOLPES)</b> |      |
| L1                           | L2   | L1                           | L2   | L1                           | L2   |
| 0                            | 1.32 | 0                            | 1.69 | 0                            | 2.12 |
| 1.039%                       |      | 1.331%                       |      | 1.669%                       |      |

*Fuente:* Ing. Mendizábal Hobispo, Katheryn Roxana.

**TABLA N°13:** Expansión / % de Mucilago de Penca de Tuna (25%)

| <b>% DE EXPANSIÓN</b>        |      |                              |      |                              |      |
|------------------------------|------|------------------------------|------|------------------------------|------|
| <b>MOLDE N°01 (56GOLPES)</b> |      | <b>MOLDE N°02 (25GOLPES)</b> |      | <b>MOLDE N°03 (10GOLPES)</b> |      |
| L1                           | L2   | L1                           | L2   | L1                           | L2   |
| 0                            | 1.28 | 0                            | 1.63 | 0                            | 2.08 |
| 1.008%                       |      | 1.283%                       |      | 1.638%                       |      |

*Fuente:* Ing. Mendizábal Hobispo, Katheryn Roxana.

**TABLA N°14:** Expansión / % de Mucilago de Penca de Tuna (50%)

| <b>% DE EXPANSIÓN</b>        |      |                              |      |                              |      |
|------------------------------|------|------------------------------|------|------------------------------|------|
| <b>MOLDE N°01 (56GOLPES)</b> |      | <b>MOLDE N°02 (25GOLPES)</b> |      | <b>MOLDE N°03 (10GOLPES)</b> |      |
| L1                           | L2   | L1                           | L2   | L1                           | L2   |
| 0                            | 1.22 | 0                            | 1.56 | 0                            | 2.02 |
| 0.961%                       |      | 1.228%                       |      | 1.591%                       |      |

*Fuente:* Ing. Mendizábal Hobispo, Katheryn Roxana.

**TABLA N°15: Expansión / % de Mucilago de Penca de Tuna (75%)**

| <b>% DE EXPANSIÓN</b>        |      |                              |      |                              |      |
|------------------------------|------|------------------------------|------|------------------------------|------|
| <b>MOLDE N°01 (56GOLPES)</b> |      | <b>MOLDE N°02 (25GOLPES)</b> |      | <b>MOLDE N°03 (10GOLPES)</b> |      |
| L1                           | L2   | L1                           | L2   | L1                           | L2   |
| 0                            | 1.02 | 0                            | 1.42 | 0                            | 1.94 |
| 0.803%                       |      | 1.118%                       |      | 1.528%                       |      |

**Fuente:** Ing. Mendizábal Hobispo, Katheryn Roxana.

**Calculo de Interpolación para determinar % de Expansión:**

**Calculando adicionando 30% de MPT**

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| <b>Para 30% MOLDE – 1</b> |           |
|---------------------------|-----------|
| 25%                       | 1.280     |
| 30%                       | <b>Y1</b> |
| 50%                       | 1.220     |

$$Y1 = 1.280 + \frac{1.220 - 1.280}{50 - 25} * (30 - 25)$$

$$Y1 = 1.268 \text{ mm}$$

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| <b>Para 30% MOLDE – 2</b> |           |
|---------------------------|-----------|
| 25%                       | 1.630     |
| 30%                       | <b>Y1</b> |
| 50%                       | 1.560     |

$$Y1 = 1.630 + \frac{1.560 - 1.630}{50 - 25} * (30 - 25)$$

$$Y1 = 1.616 \text{ mm}$$

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| <b>Para 30% MOLDE – 3</b> |           |
|---------------------------|-----------|
| 25%                       | 2.080     |
| 30%                       | <b>Y1</b> |
| 50%                       | 2.020     |

$$Y1 = 2.080 + \frac{2.020 - 2.080}{50 - 25} * (30 - 25)$$

$$Y1 = 2.068 \text{ mm}$$

### Calculando adicionando 45% de MPT

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 45% MOLDE – 1 |           |
|--------------------|-----------|
| 25%                | 1.280     |
| 45%                | <b>Y1</b> |
| 50%                | 1.220     |

$$Y1 = 1.280 + \frac{1.220 - 1.280}{50 - 25} * (45 - 25)$$

$$Y1 = 1.232 \text{ mm}$$

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 45% MOLDE – 2 |           |
|--------------------|-----------|
| 25%                | 1.630     |
| 45%                | <b>Y1</b> |
| 50%                | 1.560     |

$$Y1 = 1.630 + \frac{1.560 - 1.630}{50 - 25} * (45 - 25)$$

$$Y1 = 1.574 \text{ mm}$$

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 45% MOLDE – 3 |           |
|--------------------|-----------|
| 25%                | 2.080     |
| 45%                | <b>Y1</b> |
| 50%                | 2.020     |

$$Y1 = 2.080 + \frac{2.020 - 2.080}{50 - 25} * (45 - 25)$$

$$Y1 = 2.032 \text{ mm}$$

### Calculando adicionando 70% de MPT

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 70% MOLDE – 1 |           |
|--------------------|-----------|
| 50%                | 1.220     |
| 70%                | <b>Y1</b> |
| 75%                | 1.020     |

$$Y1 = 1.220 + \frac{1.020 - 1.220}{75 - 50} * (70 - 50)$$

$$Y1 = 1.06 \text{ mm}$$

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 70% MOLDE – 2 |           |
|--------------------|-----------|
| 50%                | 1.56      |
| 70%                | <b>Y1</b> |
| 75%                | 1.42      |

$$Y1 = 1.560 + \frac{1.42 - 1.560}{75 - 50} * (70 - 50)$$

$$Y1 = 1.448 \text{ mm}$$

- Cálculo de **Y1** con la interpolación Lineal.

| Para 70% MOLDE – 3 |           |
|--------------------|-----------|
| 50%                | 2.020     |
| 70%                | <b>Y1</b> |
| 75%                | 1.940     |

$$Y1 = 2.020 + \frac{1.940 - 2.020}{75 - 50} * (70 - 50)$$

$$Y1 = 1.956 \text{ mm}$$

**TABLA N°16:** Expansión / % de Mucilago de Penca de Tuna (30%)

| % DE EXPANSIÓN        |       |                       |       |                       |       |
|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| MOLDE N°01 (56GOLPES) |       | MOLDE N°02 (25GOLPES) |       | MOLDE N°03 (10GOLPES) |       |
| L1                    | L2    | L1                    | L2    | L1                    | L2    |
| 0                     | 1.268 | 0                     | 1.616 | 0                     | 2.068 |
| 0.998%                |       | 1.272%                |       | 1.628%                |       |

*Fuente: Elaboración Propia.*

**TABLA N°17:** Expansión / % de Mucilago de Penca de Tuna (45%)

| % DE EXPANSIÓN        |       |                       |       |                       |       |
|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| MOLDE N°01 (56GOLPES) |       | MOLDE N°02 (25GOLPES) |       | MOLDE N°03 (10GOLPES) |       |
| L1                    | L2    | L1                    | L2    | L1                    | L2    |
| 0                     | 1.232 | 0                     | 1.574 | 0                     | 2.032 |
| 0.970%                |       | 1.239%                |       | 1.600%                |       |

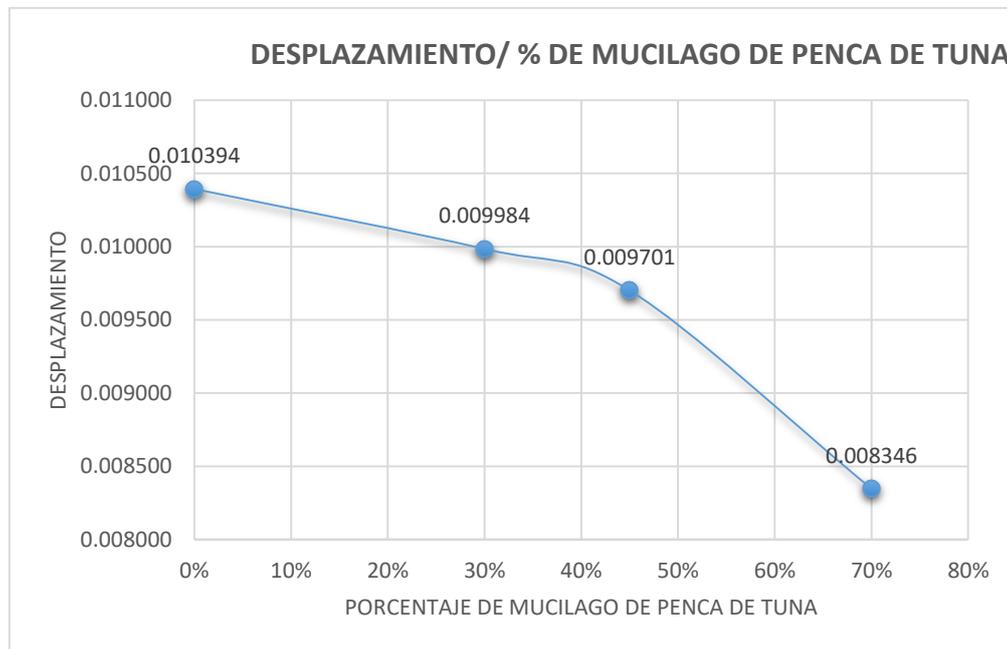
*Fuente: Elaboración Propia.*

**TABLA N°18:** Expansión / % de Mucilago de Penca de Tuna (70%)

| % DE EXPANSIÓN        |       |                       |       |                       |       |
|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| MOLDE N°01 (56GOLPES) |       | MOLDE N°02 (25GOLPES) |       | MOLDE N°03 (10GOLPES) |       |
| L1                    | L2    | L1                    | L2    | L1                    | L2    |
| 0                     | 1.060 | 0                     | 1.448 | 0                     | 1.956 |
| 0.835%                |       | 1.140%                |       | 1.540%                |       |

Fuente: Elaboración Propia.

**GRAFICA N°04:** Desplazamiento con % de Mucilago de Penca de Tuna (0%, 30%, 45% y 70%).



Fuente: Elaboración Propia.

**Interpretación:** En el grafico se observa, los resultados de Desplazamiento con los porcentajes de Mucilago de Penca de Tuna. El ensayo de Expansión en el terreno al 100% es de 0.0103mm. Al adicionar el 30% de aditivo de mucilago de penca de tuna el Desplazamiento disminuye en 0.0099mm, al adicionar el 45% de aditivo de mucilago de penca de tuna Desplazamiento disminuye en 0.0097mm y al añadir 70% de aditivo de mucilago de penca de tuna la Desplazamiento disminuye en 0.0083mm Esto quiere decir que a mayor porcentaje de mucilago de penca de tuna disminuye la expansión del suelo.

## **V. DISCUSIONES**

### **5.1. Influencia de la aplicación de Mucílagos de Penca de Tuna en el óptimo contenido de humedad de los suelos blandos.**

**RESULTADOS:** Al incluir Mucilago de Penca de Tuna, se Aumentó el Optimo Contenido de Humedad.

**ANTECEDENTE,** Mendizábal (2018), en su investigación agrego porcentajes de **Mucilago de Penca de Tuna** directamente al suelo luego de la excavación manual de zanjas, de esta manera se obtuvieron variaciones en la cohesión del suelo y aumentó el óptimo contenido de humedad.

**HIPÓTESIS:** La aplicación de Mucilago de Penca de Tuna aumenta el óptimo contenido de humedad de suelos blandos en el distrito de Lurín. Por medio del ensayo de Proctor Modificado se afirma la influencia que tuvo las dosificaciones de Mucilago de Penca de Tuna en el Terreno Natural, ya que **aumentó** su Optimo Contenido de Humedad.

**PREGUNTA:** ¿Cuánto influye la aplicación de Mucílagos de Penca de Tuna en el óptimo contenido de humedad de los suelos blandos en el distrito de Lurín? Al iniciar el proyecto, el terreno natural fue clasificado como un terreno arcilloso con un óptimo contenido de humedad de 13.7%, en los ensayos de Proctor modificado que se incorporaron el Mucilago de Penca de Tuna en 30%, 45% y 70%, dando el mejor resultado de aumento en el Optimo Contenido de Humedad fue el 70% pues lo aumento en 14.7%, pero al incorporar el MPT en 30% da como resultado 14.04% y al adicionar 45% nos resulta 14.16%, la mejor dosificación para el óptimo Contenido de Humedad fue 70%.

#### **CONSIDERACIONES:**

Al realizar la búsqueda del análisis documental en los repositorios universitarios y en artículos científicos, se encontró una Tesis con Mucilago de Penca de tuna con los ensayos de Proctor Modificado. Dada la circunstancia y los resultados, se confirma que la hipótesis si coincide con los resultados Obtenidos.

### **5.2. Influencia de la aplicación de Mucílagos de Penca de Tuna en la Resistencia de suelos Blandos**

**RESULTADOS:** al incluir Mucilago de Penca de Tuna, se Aumentó la Resistencia.

**ANTECEDENTE,** Mendizábal (2018), en su investigación agrego porcentajes de **Mucilago de Penca de Tuna** directamente al suelo luego de la excavación manual

de zanjas, de esta manera se obtuvieron variaciones en la cohesión del suelo y aumentó la Resistencia.

**HIPÓTESIS:** La aplicación de Mucilago de Penca de Tuna ayuda a mejorar la resistencia de los suelos blandos en el distrito de Lurín.

Por medio del ensayo de **California Bearing Ratio (CBR)** se afirma la influencia que tuvo las dosificaciones de Mucilago de Penca de Tuna en el Terreno Natural, ya que **aumentó** su Resistencia.

**PREGUNTA:** ¿Cuánto influye la aplicación de Mucílagos de Penca de Tuna en la Resistencia de suelos Blandos en el distrito de Lurín?

Al iniciar el proyecto, el terreno natural fue clasificado como un terreno arcilloso una **Densidad Seca (Resistencia) de 1.846 gr/cm<sup>3</sup>**, en los ensayos de **California Bearing Ratio (CBR)** se incorporaron el Mucilago de Penca de Tuna en 30%, 45% y 70%, dando el mejor resultado de aumento de **Densidad Seca** fue el 70% pues lo aumento en **1.861 gr/cm<sup>3</sup>** pero al incorporar el **MPT** en 30% da como resultado **1.855 gr/cm<sup>3</sup>** y al adicionar 45% nos resulta **1.856 gr/cm<sup>3</sup>** la mejor dosificación para la resistencia del Terreno fue 70%.

**CONSIDERACIONES:**

Al realizar la búsqueda del análisis documental en los repositorios universitarios y en artículos científicos, se encontró una Tesis con Mucilago de Penca de tuna con los ensayos de **California Bearing Ratio (CBR)**. Dada la circunstancia y los resultados, se confirma que la hipótesis si coincide con los resultados Obtenidos.

### **5.3. Influencia de la aplicación de Mucílagos de Penca de Tuna en la Expansión de suelos Blandos**

**RESULTADOS:** Al incluir Mucilago de Penca de Tuna, se Disminuyó la Expansión de los suelos.

**ANTECEDENTE,** Mendizábal (2018), en su investigación agrego porcentajes de **Mucilago de Penca de Tuna** directamente al suelo luego de la excavación manual de zanjas, de esta manera se obtuvieron variaciones en la cohesión del suelo y Disminuyó la Expansión de los suelos.

**HIPOTESIS:** La aplicación de Mucilago de Penca de Tuna disminuye la expansión de los suelos blandos en el distrito de Lurín

Por medio del ensayo de **California Bearing Ratio (CBR)** se afirma la influencia que tuvo las dosificaciones de Mucilago de Penca de Tuna en el Terreno Natural, ya que **disminuyó** la expansión del Terreno.

**PREGUNTA:** ¿Qué tanto influye la adición de Mucílagos de Penca de Tuna en la expansión en los suelos Blandos en el distrito de Lurín?

Al iniciar el proyecto, el terreno natural fue clasificado como un terreno arcilloso obteniendo a los 56 golpes como **% de Expansión de la Muestra al 100% 1.039% (1.32mm)**, en los ensayos de **California Bearing Ratio (CBR)** se incorporaron el Mucilago de Penca de Tuna en 30%, 45% y 70%, dando el mejor resultado de **disminución de desplazamiento** fue el 70% que a los 56 golpes como **% de Expansión de la Muestra al 100% 0.835% (1.06mm)**, pero al incorporar el **MPT** en 30% da como resultado **0.998% (1.268mm)** y al adicionar 45% nos resulta **0.970% (1.232mm)** la mejor dosificación para la resistencia del Terreno fue 70%.

**CONSIDERACIONES:**

Al realizar la búsqueda del análisis documental en los repositorios universitarios y en artículos científicos, se encontró una Tesis con Mucilago de Penca de tuna con los ensayos de **California Bearing Ratio (CBR)**. Dada la circunstancia y los resultados, se confirma que la hipótesis si coincide con los resultados Obtenidos.

## **VI. CONCLUSIONES**

1.- Las características físicas y mecánicas del suelo en el distrito de Lurín son insuficientes, por lo tanto, no aptos para ser utilizado como terreno para la construcción de edificaciones según la NTP.

2.- Se evaluó que, la estabilización del suelo con Mucilago de Penca de Tuna, mejora las características del suelo (terreno de Fundación), en el distrito de Lurín, observando de esta manera sus propiedades físicas y mecánicas. A) Al aumentar el Optimo Contenido de Humedad. B) Al aumentar la resistencia del terreno. C) Al reducir la expansión del terreno.

#### **A) Optimo Contenido de Humedad.**

Terreno Natural OCH=13.7%, **MPT30%** (OCH=14.04%), **MPT 45%** (OCH=14.16%), **MPT 70%** (OCH=14.7%).

Se estableció la dependencia del porcentaje de Mucilago de Penca de Tuna en el ensayo de Proctor Modificado, al emplearse el **70%** de Mucilago de Penca de Tuna para el aumento del **Optimo Contenido de Humedad**. Entonces la influencia está relacionada con los porcentajes propuestos, por lo que la influencia de mejora con respecto al Proctor modificado, el cual queda comprobada.

#### **B) Resistencia del terreno.**

Terreno Natural D.S.=1.846 gr/cm<sup>3</sup>, **MPT 30%**(D.S.=1.855 gr/cm<sup>3</sup>), **MPT 45%** (D.S.= 1.856 gr/cm<sup>3</sup>), **MPT 70%** (D.S.= 1.861 gr/cm<sup>3</sup>).

Se estableció la dependencia del porcentaje de Mucilago de Penca de Tuna en el ensayo de **California Bearing Ratio (CBR)**, al emplearse el **70%** de Mucilago de Penca de Tuna para el aumento de la Resistencia. Entonces la influencia está relacionada con los porcentajes propuestos, por lo que la influencia de mejora con respecto al **California Bearing Ratio (CBR)**, el cual queda comprobada.

#### **C) Porcentaje de Expansión**

Terreno Natural %exp.=1.039%, **MPT30%** (%exp.=0.998%), **MPT 45%** (%exp.=0.970%), **MPT 70%** (%exp.=0.835%).

Se estableció la dependencia del porcentaje de Mucilago de Penca de Tuna en el ensayo de **California Bearing Ratio (CBR)**, al emplearse el **70%** de Mucilago de Penca de Tuna para la disminución de la Expansión del Terreno. Entonces la influencia está relacionada con los porcentajes propuestos, por lo que la influencia

de mejora con respecto al **California Bearing Ratio (CBR)**, el cual queda comprobada.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. En la presente investigación al elegirse porcentajes de mucilago de penca de tuna que iban desde el 30% hasta el 70%, en todas de ellas se logró el aumento del Optimo Contenido de Humedad, para continuar la investigación recomendamos considerar el 70% o incrementar el porcentaje de Mucilago de Penca de Tuna, hasta obtener la curva del Optimo Contenido de Humedad.
  
2. En la presente investigación al elegirse porcentajes de mucilago de penca de tuna que iban desde el 30% hasta el 70%, en todas de ellas se logró el aumento de la Resistencia del suelo.
  
3. En la presente investigación al elegirse porcentajes de mucilago de penca de tuna que iban desde el 30% hasta el 70%, en todas de ellas se logró la disminución del porcentaje de expansión del terreno, para continuar la investigación recomendamos considerar el 70% de Mucilago de Penca de Tuna.

## **VIII. REFERENCIAS**

- 01.- GARCIA FAVELA, Braulio. *Mucilago de Nopal (Opuntia spp.) Sobre propiedades micromorfológicas y estructurales del suelo en trigo*. Institucion de Enseñanza e Investigacion en Ciencias Agricolas, Montecillo, Mexico, 2013.
- 02.- AQUINO BOLAÑOS, Esperanza. *Reciclaje de Residuos de la Construccion para la Fabricacion de Ladrillos Sustentables*. Universidad Nacional Autonoma de Mexico, 2015.
- 03.- RAMIREZ , *Propiedades Mecánicas y Microestructura de Concreto Conteniendo Mucilago de Nopal como aditivo Natural*, Instituto Politécnico Nacional. México. 2008.
- 04.- MENDIZABAL HOBISPO, Katheryn. *Adicion del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelos arcillosos, chilca*. Universidad Peruana los Andes. Huancayo, Peru. 2018.
- 05.- QUINTANA CHOQUELUQUE, Dania y VERA SALIZAR, Mithdwar. *Evaluacion de la Erosion y la Resistencia a la compresion de adobes con sustitucion parcial y total de agua en peso por mucilago de tuna en porcentajes de 0%, 25%, 50%, 75% y 100%*.Universidad Andina del Cusco. Peru. 2017.
- 06.- BOLAÑOS RODRIGUEZ, Juan. *Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna*, Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú. 2016.
- 07.- QUIÑONES RAMIRES, Omar y VILLACORTA PAREDES, Cristian. *Impermeabilización de la Cubierta de las Casas de Adobe en la ciudad de Otuzco Caracterizando un Mortero a Base de Baba de Nopal en el año 2018*. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú. 2019.
- 08.- OJEDA TREJO, Enrique. *Mucilago de Nopal (Opuntia spp) en suelo arcilloso arenoso con trigo*.2013.
- 09.- APARICIO, Crean ladrillo sustentable empleando compuesto de Nopal.2016
- 10.- NEFTALI ROJAS, María. *Ladrillo Ecológico*. Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Mexico.2015
- 11.- RODRIGUEZ, ALGARA, CARDENAS Y ARISTA, Diseño de adobes urbanos para construcción de vivienda en México. ISSN: 1021-6294.Vol.17, N°2 Jul-Dic.2014: 77-83.

- 12.- BULNES GAMBINI, Carlos. *Resistencia a la compresion de un mortero cemento-arena adicionando 10% y 20% de mucilago de nopal*. Universidad San Pedro. Chimbote, Peru. 2018.
- 13.- CHAVEZ, J. *Geotecnia*. Ed. Mexico. 2006.. ISBBN: 970-32-2990-5. Pag.186
- 14.- DAS. B. *Fundamentals of Geotechnical Engineering*. 4ed. 2013. ISBN:978-607-519-3775-1. Pag.28.
- 15.- DAS. B. *Fundamentals of Geotechnical Engineering*. 4ed. 2013. ISBN:978-607-519-3775-1. Pag.28.
- 16.- CHAVEZ, J. *Geotecnia*. Ed. Mexico. 2006.. ISBBN: 970-32-2990-5. Pag.175.
- 17.- LAMBE, W. y WHITMAN, R. *Soil Mechanics*. Ed. 2004. ISBN: 968-18-1894-6-16.2. pag.45.
- 18.- MENDIZABAL HOBISPO, Katheryn. *Adicion del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelos arcillosos, chilca*. Universidad Peruana los Andes . Huancayo, Peru. 2018, pag.25.
- 19.- DAS. B. *Fundamentals of Geotechnical Engineering*. 4ed. 2013. ISBN:978-607-519-3775-1. Pag.65.
- 20.- DAS. B. *Fundamentals of Geotechnical Engineering*. 4ed. 2013. ISBN:978-607-519-3775-1. Pag.65.
- 21.- MENDIZABAL HOBISPO, Katheryn. *Adicion del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelos arcillosos, chilca*. Universidad Peruana los Andes . Huancayo, Peru. 2018, pag.25.
- 22.- Ministerio de Trasnportes y Comunicaciones. *Manual de ensao de materiales*. Ed. Peru. 2016. pag.105.
- 23.- LAMBE, W. y WHITMAN, R. *Soil Mechanics*. Ed. 2004. ISBN: 968-18-1894-6-16.2. pag.89.
- 24.- AASHTO T 193-13 . *Standard Method of Test for The California Bearing Ratio*. 2017.
- 25.- CADROS SURICHAQUI, Claudia. *Mejoramiento de las propiedades fisico-mecanicas de las subrasante en una via afirmada de la red vial departamental de la region junin mediante la estabilizacion quimica conoxido de calcio*. Universidad Peruana los Andes. Huancayo, Peru. 2017, pag.22.

- 26.- QUEZADA OSORIA, Santiago. *Estudio Comparativo De La Estabilización De Suelos Arcillosos Con Valvas De Moluscos Para Pavimentación*. Universidad de Piura. Peru. 2017. Pag. 11.
- 27.- DAS. B. *Fundamentals of Geotechnical Engineering*. 4ed. 2013. ISBN:978-607-519-3775-1. Pag.105
- 28.-ALVARADO RUIZ, C. y GUERRA MORILLO, A. *Influencia de la adición de ceniza de cascara de arroz activada alcalinamente sobre la estabilización ecológica de la mezcla suelo - sedimento en la provincia de Viru*. Universidad Nacional de Trujillo. Peru. 2018. Pag.17.
- 28.- HUANCA ALVA, J. *Evaluar los parámetros durante el tratamiento térmico para obtención de mucilago de la penca de tuna*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Peru. 2017. pag. 14.
- 30.- HUANCA ALVA, J. *Evaluar los parámetros durante el tratamiento térmico para obtención de mucilago de la penca de tuna*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Peru. 2017. pag. 22.
- 31.- HUANCA ALVA, J. *Evaluar los parámetros durante el tratamiento térmico para obtención de mucilago de la penca de tuna*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Peru. 2017. pag. 17.
- 32.- GULBRANDSEN, M. y KYVIK, S. Are the concepts basic research, applied research and experimental development still useful?. 2010. DOI: 10.3152/030234210X501171. [en línea]. pag.344. <http://www.ingentaconnect.com/content/beechn/spp>
- 33.- EXPLANATORY RESEARCH DEFINITION, TYPES, COMPARISON, ADVANTAGES AND DISADVANTAGES, *guide to explanatory research*, pag.04. Disponible en: <https://scholarshipfellow.com/explanatory-research-definition-types-comparison-advantages-disadvantages/>
- 34.- Real Academia Española, en línea: <https://dle.rae.es/retrospectivo>
- 35.- HUANCA ALVA, J. *Evaluar los parámetros durante el tratamiento térmico para obtención de mucilago de la penca de tuna*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Peru. 2017. pag. 22.
- 36.- CHAVEZ, J. *Geotecnia*. Ed. Mexico. 2006.. ISBN: 970-32-2990-5. Pag.186

- 37.- SRINIVASA, R., VASUDEVA, R. *An Examination of the role of conceptualization and operationalization in empirical social research*. 2013. ISSN: 2231-5780. Vol.3. [en línea]Pag.111. <http://zenithresearch.org.in/>.
- 38.- DULZAIDES, M. y Molina, A., Analisis documental y de informacion: dos componentes de un mismo proceso. ISSN: 1024-9435, 2004, La Habana, [en línea]. <http://eprints.rclis.org/5013/1/analisis.pdf>
- 39.- SUPINO, P. y BORER, J. *Principles of Research Methodology*. New York. 2012. ISBN: 978-1-4614-3359-0. DOI: 10.1007/978-1-4614-3360-6. Pag.121.
- 40.- Real Academia Española, en línea: <https://dle.rae.es/%C3%A9tico>

# **ANEXOS**

**ANEXO N°01: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

| MATRIZ DE CONSISTENCIA   |  |  |  |   |                               |  |  |
|--|--|--|--|---|-------------------------------|--|--|
| TITULO:  | Aplicación de mucilago de Penca de Tuna, para mejorar las propiedades de suelos blandos, en el distrito de Lurín, Lima 2020  |  |  |   |                               |  |  |
| PROBLEMAS  | OBJETIVOS  | HIPÓTESIS  | VARIABLES, INDICADORES E INSTRUMENTOS. |   |                               |  | T. INVESTIGACIÓN   |
| <p><b>P. General:</b><br/>¿Qué tanto influye el Mucilago de la Penca de Tuna en el mejoramiento de las propiedades de los suelos blandos, en el distrito de Lurín?</p> <p><b>P. Específico:</b><br/>¿Cuánto influye la aplicación de Mucílagos de Penca de Tuna en el óptimo contenido de humedad de los suelos blandos en el distrito de Lurín?</p> <p>¿Cuánto influye la aplicación de Mucílagos de Penca de Tuna en la Resistencia de suelos Blandos en el distrito de Lurín?</p> <p>¿Qué tanto influye la adición de Mucílagos de Penca de Tuna en la expansión en los suelos Blandos en el distrito de Lurín?</p> | <p><b>O. General:</b><br/>Evaluar la influencia de la aplicación del Mucilago de la penca de tuna para el mejoramiento de las propiedades de los suelos blandos en el distrito de Lurín.</p> <p><b>O. Específico:</b><br/>Evaluar el contenido de humedad del suelo aplicando Mucilago de la Penca de Tuna en el distrito de Lurín.</p> <p>Evaluar la resistencia de los suelos Blandos utilizando Mucilago de la Penca de Tuna en el distrito de Lurín.</p> <p>Evaluar la expansión de los suelos blandos utilizando Mucilago de la Penca de Tuna en el distrito de Lurín</p> | <p><b>H. General</b><br/>La aplicación de Mucilago de Penca de Tuna mejora las propiedades de los suelos blandos en el distrito de Lurín.</p> <p><b>H. Específica</b><br/>La aplicación de Mucilago de Penca de Tuna aumenta el óptimo contenido de humedad de suelos blandos en el distrito de Lurín.</p> <p>La aplicación de Mucilago de Penca de Tuna ayuda a mejorar la resistencia de los suelos blandos en el distrito de Lurín.</p> <p>La aplicación de Mucilago de Penca de Tuna disminuye la expansión de los suelos blandos en el distrito de Lurín.</p> | <b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>            | <b>DIMENSIONES</b>                        | <b>INDICADORES</b>            | <b>INSTRUMENTOS</b>  | <p><b>Método:</b><br/>Cuantitativo</p> <p><b>Tipo:</b><br/>Aplicada<br/>- Retroprospectivo</p> <p><b>Nivel:</b><br/>Explicativo<br/>Correlacional</p> <p><b>Diseño:</b><br/>Retroprospectivo</p> <p><b>Población:</b> El AA.HH. Nuevo Lurín III, en el distrito de Lurín.</p> <p><b>Muestra:</b> Son los 3348m2 del AA.HH. Nuevo Lurín III, según la E.050 de la NTP se está considerando una edificación de para urbanización, para viviendas hasta 3 pisos.</p> <p><b>Técnica:</b><br/>Estudio Comparativo de Tesis.</p> <p><b>Instrumento:</b><br/>Método del análisis documental .</p> |
|  |  |  | Suelos Blandos                         | Propiedades Físicas y Mecánicas           | Límites de Atterberg          | Ensayo de Copa de Casagrande, SPT                                    |  |
|  |  |  |  |   | Contenido de Humedad.         | Ensayo de Proctor Modificado   |  |
|  |  |  |  |   | Resistencia de Suelos Blandos | CBR, Ensayo de corte directo.  |  |
|  |  |  |  |   | Expansión                     | CBR  |  |
|  |  |  | <b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>          | <b>DIMENSIONES</b>                        | <b>INDICADORES</b>            | <b>INSTRUMENTOS</b>  |  |
|  |  |  | Mucilago de Penca de Tuna              | Dosificación de Mucilago de Penca de Tuna | Aplicación de Mucilago en 30% | Experimento aplicado en el porcentaje de mucilago por litro de agua. |  |
|  |  |  |  |   | Aplicación de Mucilago en 45% |  |  |
|  |  |  |  |   | Aplicación de Mucilago en 70% |  |  |

**ANEXO N°02: MATRIZ DE OPERACIONALIZACION**

| <b>MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN</b> |  |   |   |                               |  |
|-------------------------------------|--|---|---|-------------------------------|--|
| <b>TITULO:</b>                      | Aplicación de mucilago de Penca de Tuna, para mejorar las propiedades de suelos blandos, en el distrito de Lurín, Lima 2020  |   |   |                               |  |
| <b>VARIABLE</b>                     | <b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>   | <b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>   | <b>DIMENSIONES</b>                        | <b>INDICADORES</b>            | <b>INSTRUMENTOS</b>  |
| Suelos Blandos                      | “Está caracterizado por los limos, arcillas, rellenos heterogéneos, etc. Y que principalmente ocasionan problema debido a su baja resistencia, la cual está relacionada a una baja de capacidad portante y su alta deformación [...]”, | Se va extraer una muestra del suelo donde se va a realizar la investigación, luego se llevara al laboratorio para la realización de los diferentes ensayos, adicionándole el aditivo natural. | Propiedades Físicas y Mecánicas           | Límites de Atterberg          | Ensayo de Copa de Casagrande, SPT                                    |
|                                     |  |   |   | Contenido de Humedad.         | Ensayo de Proctor Modificado   |
|                                     |  |   |   | Resistencia de Suelos Blandos | CBR, Ensayo de corte directo.  |
|                                     |  |   |   | Expansión                     | CBR  |
| Mucilago de Penca de Tuna           | “Es una sustancia vegetal viscosa coagulante al alcohol, también es una solución acuosa espesa de una goma o dextrina utilizada para suspender sustancias insolubles y para aumentar la viscosidad, [...]”.                            | Para el desarrollo de este proyecto se va adicionar el aditivo natural, en tres dosis diferentes (30%, 45% y 70%) para la estabilización de suelos blandos.                                   | <b>DIMENSIONES</b>                        | <b>INDICADORES</b>            | <b>INSTRUMENTOS</b>  |
|                                     |  |   | Dosificación de Mucilago de Penca de Tuna | Aplicación de Mucilago en 30% | Experimento aplicado en el porcentaje de mucilago por litro de agua. |
|                                     |  |   |   | Aplicación de Mucilago en 45% |  |
| Aplicación de Mucilago en 70%       |  |   |   |                               |  |

## ANEXO N°04: INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.

### ➤ Proctor modificado del suelo adicionado con 25% de mucilago de penca de tuna (Muestra B)

Se realizó en ensayo del proctor modificado del suelo adicionado con 25% de mucilago de penca de tuna, para determinar el óptimo contenido de humedad para la cual el suelo alcanzará su máxima densidad seca.

Tabla 28

*Proctor modificado del suelo adicionado con 25% de mucilago de penca de tuna*

| Ensayo                             | N°                            | 1            | 2            | 3            | 4            |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Peso específico</b>             |                               |              |              |              |              |
| Peso del suelo húmedo + molde      | gr                            | 7243         | 7502         | 7679         | 7726         |
| Peso del molde                     | gr                            | 3271         | 3271         | 3271         | 3271         |
| Peso del suelo húmedo              | gr                            | 3972         | 4231         | 4408         | 4455         |
| Volumen del molde                  | gr                            | 2104         | 2104         | 2104         | 2104         |
| Densidad húmeda                    | gr/cm <sup>3</sup>            | 1.888        | 2.011        | 2.095        | 2.117        |
| <b>Contenido de humedad</b>        |                               |              |              |              |              |
| Peso de la tara                    | gr                            | 109.67       | 111.37       | 113.37       | 109.48       |
| Peso del suelo húmedo + tara       | gr                            | 293.22       | 339.54       | 230.21       | 247.56       |
| Peso del suelo seco + tara         | gr                            | 281.24       | 317.74       | 216.5        | 228.08       |
| Peso del agua                      | gr                            | 11.98        | 21.8         | 13.71        | 19.48        |
| Peso del suelo húmedo              | gr                            | 183.55       | 228.17       | 116.84       | 138.08       |
| Peso del suelo seco                | gr                            | 171.57       | 206.37       | 103.13       | 118.6        |
| % de contenido de humedad          | %                             | <b>6.98</b>  | <b>10.56</b> | <b>13.29</b> | <b>16.42</b> |
| <b>Peso específico seco</b>        |                               |              |              |              |              |
| Densidad seca                      | gr/cm <sup>3</sup>            | <b>1.765</b> | <b>1.819</b> | <b>1.849</b> | <b>1.819</b> |
| <b>Óptimo contenido de humedad</b> | <b>14.00 %</b>                |              |              |              |              |
| <b>Máxima densidad seca</b>        | <b>1.85 gr/cm<sup>3</sup></b> |              |              |              |              |

Fuente: Elaboración propia

MENDIZABAL HOBISPO, Kathryn. *Adicion del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelos arcillosos, chilca*. Universidad Peruana los Andes. Huancayo, Peru. 2018.

## ANEXO N°05: INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.

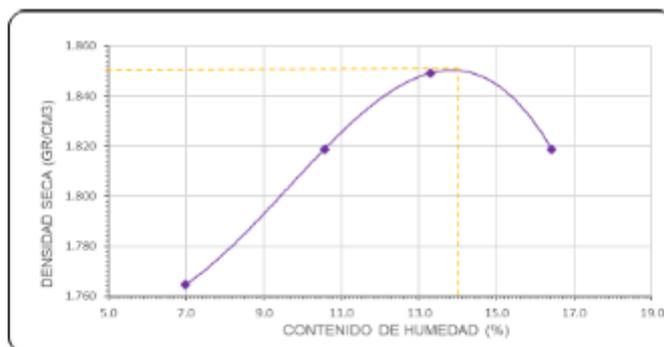


Figura 26. Curva de compactación del suelo adiccionado con 25% de mucilago de penca de tuna

El óptimo contenido de humedad es 14.00% y la máxima densidad seca es 1.85 gr/cm<sup>3</sup>.

### ➤ Relación de soporte California - California Bearing Ratio (CBR) del suelo adiccionado con 25% de mucilago de penca de tuna (Muestra B)

Se realizó el ensayo denominado relación de soporte California, en el cuál se determina un índice de resistencia del suelo, referido al 95% de la Máxima densidad seca y a una penetración de carga de 0.1 pulg.

Tabla 29  
Ensayo CBR - Compactación (Suelo adiccionado con 25% de mucilago de penca de tuna)

| Molde N°                                      | Compactación              |                           |                           |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|   | Molde N° 1<br>(56 GOLPES) | Molde N° 2<br>(25 GOLPES) | Molde N° 3<br>(10 GOLPES) |
| N° de Capa                                    | 5                         | 5                         | 5                         |
| Golpes por cada N°                            | 56                        | 25                        | 10                        |
| Peso molde + muestra húmeda (gr)              | 9421.00                   | 9462.00                   | 9020.00                   |
| Peso del molde (gr)                           | 5089.00                   | 5231.00                   | 5171.00                   |
| Peso de la muestra húmeda (gr)                | 4332.00                   | 4231.00                   | 3849.00                   |
| Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )          | 2048.00                   | 2048.00                   | 2048.00                   |
| Peso volumétrico húmedo (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.115                     | 2.066                     | 1.879                     |
| Contenido de agua W (%) (OCH)                 | 14.00                     | 14.00                     | 14.00                     |
| Peso volumétrico seco (gr/cm <sup>3</sup> )   | 1.855 gr/cm <sup>3</sup>  | 1.812 gr/cm <sup>3</sup>  | 1.649 gr/cm <sup>3</sup>  |

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO N°06: INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.

Tabla 30  
Ensayo CBR - Expansión (suelo adicionado con 25% de mucilago de penca de tuna)

| % Expansión            |               |                        |               |                        |               |
|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|
| Molde N° 1 (56 golpes) |               | Molde N° 2 (25 golpes) |               | Molde N° 3 (10 golpes) |               |
| Lectura inicial        | Lectura final | Lectura inicial        | Lectura final | Lectura inicial        | Lectura final |
| 0.000                  | 1.280         | 0.000                  | 1.630         | 0.000                  | 2.080         |
| <b>1.098 %</b>         |               | <b>1.398 %</b>         |               | <b>1.784 %</b>         |               |

Fuente: Elaboración propia

Se evidencia una expansión de la muestra B de 1.098% para 56 golpes, 1.398% para 25 golpes y de 1.784% para 10 golpes.

Tabla 31  
Ensayo CBR - Penetración (suelo adicionado con 25% de mucilago de penca de tuna)

| Penetración  |                        |            |            |                        |            |           |                        |            |           |
|--------------|------------------------|------------|------------|------------------------|------------|-----------|------------------------|------------|-----------|
| Penetración  | Molde N° 1 (56 Golpes) |            |            | Molde N° 2 (25 Golpes) |            |           | Molde N° 3 (10 Golpes) |            |           |
|              | Pulg.                  | Kg.        | Lbs.       | Lbs/pulg2              | Kg.        | Lbs.      | Lbs/pulg2              | Kg.        | Lbs.      |
| 0.025        | 78.6                   | 173        | 58         | 75.7                   | 167        | 56        | 74.0                   | 163        | 54        |
| 0.050        | 102.2                  | 225        | 75         | 90.6                   | 200        | 67        | 81.2                   | 179        | 60        |
| 0.075        | 123.0                  | 271        | 90         | 103.4                  | 228        | 76        | 89.1                   | 196        | 65        |
| <b>0.100</b> | <b>135.6</b>           | <b>299</b> | <b>100</b> | <b>115.5</b>           | <b>255</b> | <b>85</b> | <b>94.8</b>            | <b>209</b> | <b>70</b> |
| 0.150        | 150.6                  | 332        | 111        | 129.4                  | 285        | 95        | 101.7                  | 224        | 75        |
| 0.200        | 159.3                  | 351        | 117        | 137.1                  | 302        | 101       | 108.6                  | 239        | 80        |
| 0.250        | 168.8                  | 372        | 124        | 145.6                  | 321        | 107       | 113.2                  | 250        | 83        |
| 0.300        | 178.5                  | 394        | 131        | 154.2                  | 340        | 113       | 116.2                  | 256        | 85        |
| 0.400        | 201.7                  | 445        | 148        | 171.1                  | 377        | 126       | 120.6                  | 266        | 89        |
| 0.500        | 237.9                  | 525        | 175        | 191.4                  | 422        | 141       | 126.4                  | 279        | 93        |

Fuente: Elaboración propia

MENDIZABAL HOBISPO, Katheryn. *Adición del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelos arcillosos, chilca*. Universidad Peruana los Andes. Huancayo, Peru. 2018.

## ANEXO N°07: INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.

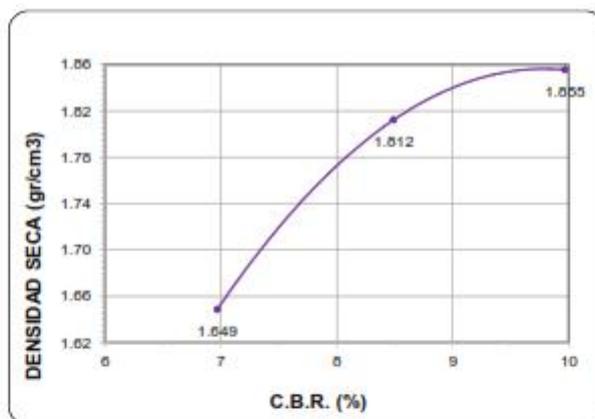


Figura 27. Curva de C.B.R. del suelo adicionado con 25% de mucilago de penca de tuna

Tabla 32

Ensayo CBR - Suelo adicionado con 25% de mucilago de penca de tuna

| N° Golpes | % CBR | D.S.  | Densidad seca gr/cm <sup>3</sup> |       | CBR (%) |
|-----------|-------|-------|----------------------------------|-------|---------|
| 56        | 10.0  | 1.855 | 100%MDS                          | 1.85  | 9.5     |
| 25        | 8.5   | 1.812 | 95%MDS                           | 1.758 | 7.6     |
| 10        | 7.0   | 1.649 |                                  |       |         |

Fuente: Elaboración propia

Según las categorías para sub rasante con respecto a su valor de CBR mostrado en la Tabla 22 establecido por el Manual de carreteras: Suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el suelo adicionado con mucilago de penca de tuna en su dosificación de la Muestra B presenta un CBR de 7.6% por lo tanto, es considerada como sub rasante regular.

De acuerdo al Manual de carreteras: Suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, los suelos deberán ser suelos adecuados con CBR > 6%, por lo tanto, el suelo adicionado con 25% de

## ANEXO N°08: INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.

### ➤ Índice de plasticidad del suelo adicionado con 50% de mucilago de penca de tuna (Muestra C)

Se determinó el índice de plasticidad del suelo adicionado con 50% de mucilago de penca de tuna.

Tabla 36  
*Índice de plasticidad del suelo adicionado con 50% de mucilago de penca de tuna*

| Límite líquido | Límite plástico | IP      |
|----------------|-----------------|---------|
| 38.1 %         | 19.82 %         | 18.28 % |

Fuente: Elaboración propia

El índice de plasticidad del suelo adicionado con 50% de mucilago de penca de tuna es 18.28%. Según la clasificación de suelos según Índice de plasticidad mostrado en la Tabla 16 establecido en el Manual de carreteras: Suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el suelo adicionado con mucilago de penca de tuna en su dosificación de la Muestra C tiene Plasticidad media (suelo arcilloso) debido a que su valor de IP es 18.28%.

### ➤ Proctor modificado del suelo adicionado con 50% de mucilago de penca de tuna (Muestra C)

Se realizó en ensayo del proctor modificado del suelo adicionado con 50% de mucilago de penca de tuna.

## ANEXO N°09: INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.

Tabla 37

*Proctor modificado del suelo adicionado con 50% de mucilago de penca de tuna*

| Ensayo                             | N°                             | 1      | 2      | 3      | 4      |
|------------------------------------|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Peso específico</b>             |                                |        |        |        |        |
| Peso del suelo húmedo + molde      | gr                             | 7293   | 7524   | 7695   | 7756   |
| Peso del molde                     | gr                             | 3271   | 3271   | 3271   | 3271   |
| Peso del suelo húmedo              | gr                             | 4022   | 4253   | 4424   | 4485   |
| Volumen del molde                  | gr                             | 2104   | 2104   | 2104   | 2104   |
| Densidad húmeda                    | gr/cm <sup>3</sup>             | 1.912  | 2.021  | 2.103  | 2.132  |
| <b>Contenido de humedad</b>        |                                |        |        |        |        |
| Peso de la tara                    | gr                             | 109.67 | 111.37 | 113.37 | 109.48 |
| Peso del suelo húmedo + tara       | gr                             | 296.22 | 339.94 | 231.12 | 248.22 |
| Peso del suelo seco + tara         | gr                             | 283.93 | 318    | 217.12 | 227.94 |
| Peso del agua                      | gr                             | 12.29  | 21.94  | 14     | 20.28  |
| Peso del suelo húmedo              | gr                             | 186.55 | 228.57 | 117.75 | 138.74 |
| Peso del suelo seco                | gr                             | 174.26 | 206.63 | 103.75 | 118.46 |
| % de contenido de humedad          | %                              | 7.05   | 10.62  | 13.49  | 17.12  |
| <b>Peso específico seco</b>        |                                |        |        |        |        |
| Densidad seca                      | gr/cm <sup>3</sup>             | 1.786  | 1.827  | 1.853  | 1.820  |
| <b>Óptimo contenido de humedad</b> | <b>14.20 %</b>                 |        |        |        |        |
| <b>Máxima densidad seca</b>        | <b>1.854 gr/cm<sup>3</sup></b> |        |        |        |        |

Fuente: Elaboración propia

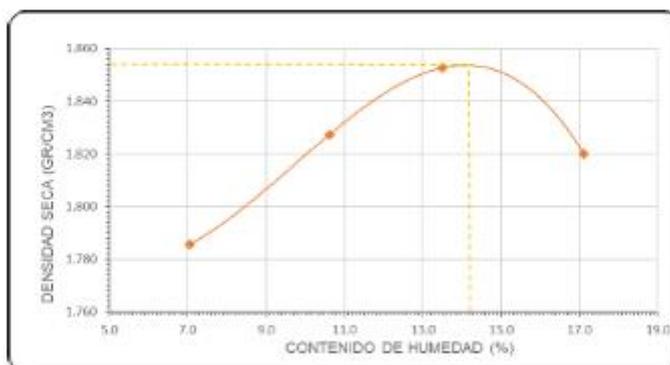


Figura 30. Curva de compactación del suelo adicionado con 50% de mucilago de penca de tuna

Se determinó la relación del contenido de humedad y la densidad seca, obteniendo la curva de compactación del suelo adicionado con 50% de mucilago de penca de tuna para determinar la densidad máxima seca para un contenido de humedad óptimo, obteniéndose como resultado que el

## ANEXO N°10: INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.

óptimo contenido de humedad es 14.20% y la máxima densidad seca es 1.854 gr/cm<sup>3</sup>.

➤ **Relación de soporte California - California Bearing Ratio (CBR) del suelo adicionado con 50% de mucilago de penca de tuna (Muestra C)**

Se realizó el ensayo denominado CBR, en el cuál se determina un índice de resistencia del suelo, que está referido al 95% de la Máxima densidad seca y a una penetración de carga de 2.54 mm (0.1 pulg).

Tabla 38  
Ensayo CBR - Compactación (Suelo adicionado con 50% de mucilago de penca de tuna)

| Compactación                                  |                           |                           |                           |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Molde N°                                      | Molde N° 1<br>(56 Golpes) | Molde N° 2<br>(25 Golpes) | Molde N° 3<br>(10 Golpes) |
| N° de Capa                                    | 5                         | 5                         | 5                         |
| Golpes por cada N°                            | 56                        | 25                        | 10                        |
| Peso molde + muestra húmeda (gr)              | 9430.00                   | 9475.00                   | 9075.00                   |
| Peso del molde (gr)                           | 5089.00                   | 5231.00                   | 5171.00                   |
| Peso de la muestra húmeda (gr)                | 4341.00                   | 4244.00                   | 3904.00                   |
| Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )          | 2048.00                   | 2048.00                   | 2048.00                   |
| Peso volumétrico húmedo (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.120                     | 2.072                     | 1.906                     |
| Contenido de agua W (%) (OCH)                 | 14.20                     | 14.20                     | 14.20                     |
| Peso volumétrico seco (gr/cm <sup>3</sup> )   | 1.856 gr/cm <sup>3</sup>  | 1.815 gr/cm <sup>3</sup>  | 1.669 gr/cm <sup>3</sup>  |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39  
Ensayo CBR - Expansión (suelo adicionado con 50% de mucilago de penca de tuna)

| % Expansión            |               |                        |               |                        |               |
|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|
| Molde N° 1 (56 golpes) |               | Molde N° 2 (25 golpes) |               | Molde N° 3 (10 golpes) |               |
| Lectura inicial        | Lectura final | Lectura inicial        | Lectura final | Lectura inicial        | Lectura final |
| 0.000                  | 1.220         | 0.000                  | 1.560         | 0.000                  | 2.020         |
| 1.046 %                |               | 1.338 %                |               | 1.733 %                |               |

Fuente: Elaboración propia

MENDIZABAL HOBISPO, Katheryn. *Adición del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelos arcillosos, chilca*. Universidad Peruana los Andes. Huancayo, Peru. 2018.

## ANEXO N°11: INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.

Se evidencia una expansión de la Muestra C de 1.046% para 56 golpes, 1.338% para 25 golpes y de 1.733% para 10 golpes.

Tabla 40

Ensayo CBR - Penetración (suelo adicionado con 50% de mucilago de penca de tuna)

| Penetración  |                        |            |            |                        |            |            |                        |            |           |
|--------------|------------------------|------------|------------|------------------------|------------|------------|------------------------|------------|-----------|
| Penetración  | Molde N° 1 (56 Golpes) |            |            | Molde N° 2 (25 Golpes) |            |            | Molde N° 3 (10 Golpes) |            |           |
| Pulg.        | Kg.                    | Lbs.       | Lbs/pulg2  | Kg.                    | Lbs.       | Lbs/pulg2  | Kg.                    | Lbs.       | Lbs/pulg2 |
| 0.025        | 95.6                   | 211        | 70         | 90.2                   | 199        | 66         | 88.4                   | 195        | 65        |
| 0.050        | 117.2                  | 258        | 86         | 105.2                  | 232        | 77         | 98.6                   | 217        | 72        |
| 0.075        | 143.0                  | 315        | 105        | 123.1                  | 271        | 90         | 109.7                  | 242        | 81        |
| <b>0.100</b> | <b>158.2</b>           | <b>349</b> | <b>116</b> | <b>137.5</b>           | <b>303</b> | <b>101</b> | <b>120.4</b>           | <b>265</b> | <b>88</b> |
| 0.150        | 175.6                  | 387        | 129        | 157.9                  | 348        | 116        | 132.4                  | 292        | 97        |
| 0.200        | 184.5                  | 407        | 136        | 168.5                  | 372        | 124        | 140.1                  | 309        | 103       |
| 0.250        | 193.4                  | 426        | 142        | 176.5                  | 389        | 130        | 146.5                  | 323        | 108       |
| 0.300        | 202.7                  | 447        | 149        | 185.9                  | 410        | 137        | 150.0                  | 331        | 110       |
| 0.400        | 226.7                  | 500        | 167        | 206.4                  | 455        | 152        | 156.2                  | 344        | 115       |
| 0.500        | 264.3                  | 583        | 194        | 227.4                  | 501        | 167        | 160.2                  | 353        | 118       |

Fuente: Elaboración propia

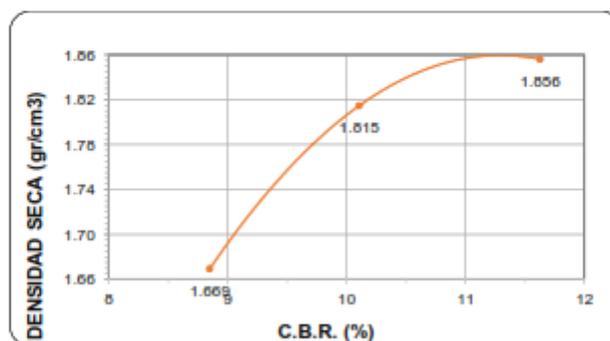


Figura 31. Curva de C.B.R. del suelo adicionado con 50% de mucilago de penca de tuna

Tabla 41

Ensayo CBR - Suelo adicionado con 50% de mucilago de penca de tuna

| Nº Golpes | % CBR | D.S.  | Densidad seca gr/cm3 |       | CBR (%) |
|-----------|-------|-------|----------------------|-------|---------|
| 56        | 11.6  | 1.856 | 100%MDS              | 1.854 | 10.8    |
| 25        | 10.1  | 1.815 | 95%MDS               | 1.761 | 9.4     |
| 10        | 8.8   | 1.669 |                      |       |         |

Fuente: Elaboración propia

MENDIZABAL HOBISPO, Katheryn. *Adición del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelos arcillosos, chilca*. Universidad Peruana los Andes. Huancayo, Peru. 2018.

## ANEXO N°12: INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.

### ➤ Proctor modificado del suelo adicionado con 75% de mucilago de penca de tuna (Muestra D)

Se realizó en ensayo del proctor modificado del suelo adicionado con 75% de mucilago de penca de tuna, para determinar el óptimo contenido de humedad para la cual el suelo alcanzará su máxima densidad seca.

Tabla 46

*Proctor modificado del suelo adicionado con 75% de mucilago de penca de tuna*

| Ensayo                             | Nº                            | 1            | 2            | 3            | 4            |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Peso específico</b>             |                               |              |              |              |              |
| Peso del suelo húmedo + molde      | gr                            | 7356         | 7575         | 7757         | 7838         |
| Peso del molde                     | gr                            | 3271         | 3271         | 3271         | 3271         |
| Peso del suelo húmedo              | gr                            | 4085         | 4304         | 4486         | 4567         |
| Volumen del molde                  | gr                            | 2104         | 2104         | 2104         | 2104         |
| Densidad húmeda                    | gr/cm <sup>3</sup>            | 1.942        | 2.046        | 2.132        | 2.171        |
| <b>Contenido de humedad</b>        |                               |              |              |              |              |
| Peso de la tara                    | gr                            | 109.67       | 111.37       | 113.37       | 109.48       |
| Peso del suelo húmedo + tara       | gr                            | 297.56       | 340.12       | 232.42       | 249.34       |
| Peso del suelo seco + tara         | gr                            | 283.24       | 316.97       | 217.21       | 227.45       |
| Peso del agua                      | gr                            | 14.32        | 23.15        | 15.21        | 21.89        |
| Peso del suelo húmedo              | gr                            | 187.89       | 228.75       | 119.05       | 139.86       |
| Peso del suelo seco                | gr                            | 173.57       | 205.6        | 103.84       | 117.97       |
| % de contenido de humedad          | %                             | <b>8.25</b>  | <b>11.26</b> | <b>14.65</b> | <b>18.56</b> |
| <b>Peso específico seco</b>        |                               |              |              |              |              |
| Densidad seca                      | gr/cm <sup>3</sup>            | <b>1.794</b> | <b>1.839</b> | <b>1.860</b> | <b>1.831</b> |
| <b>Óptimo contenido de humedad</b> | <b>14.85 %</b>                |              |              |              |              |
| <b>Máxima densidad seca</b>        | <b>1.86 gr/cm<sup>3</sup></b> |              |              |              |              |

Fuente: Elaboración propia

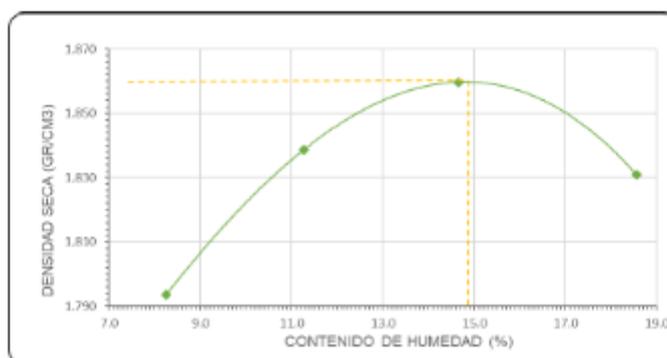


Figura 34. Curva de compactación del suelo adicionado con 75% de mucilago de penca de tuna

MENDIZABAL HOBISPO, Katheryn. *Adición del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelos arcillosos, chilca*. Universidad Peruana los Andes. Huancayo, Peru. 2018.

## ANEXO N°13: INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.

El óptimo contenido de humedad es 14.85% y la máxima densidad seca es 1.86 gr/cm<sup>3</sup>.

➤ **Relación de soporte California - California Bearing Ratio (CBR) del suelo adicionado con 75% de mucilago de penca de tuna (Muestra D)**

Se realizó el ensayo denominado CBR, en el cuál se determina un índice de resistencia del suelo.

Tabla 47

*Ensayo CBR - Compactación (Suelo adicionado con 75% de mucilago de penca de tuna)*

| Compactación                                  |                           |                           |                           |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Molde N°                                      | Molde N° 1<br>(56 Golpes) | Molde N° 2<br>(25 Golpes) | Molde N° 3<br>(10 Golpes) |
| N° de Capa                                    | 5                         | 5                         | 5                         |
| Golpes por cada N°                            | 56                        | 25                        | 10                        |
| Peso molde + muestra húmeda (gr)              | 9469.00                   | 9525.00                   | 9122.00                   |
| Peso del molde (gr)                           | 5089.00                   | 5231.00                   | 5171.00                   |
| Peso de la muestra húmeda (gr)                | 4380.00                   | 4294.00                   | 3951.00                   |
| Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )          | 2048.00                   | 2048.00                   | 2048.00                   |
| Peso volumétrico húmedo (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.139                     | 2.097                     | 1.929                     |
| Contenido de agua W (%) (OCH)                 | 14.85                     | 14.85                     | 14.85                     |
| Peso volumétrico seco (gr/cm <sup>3</sup> )   | 1.862 gr/cm <sup>3</sup>  | 1.826 gr/cm <sup>3</sup>  | 1.680 gr/cm <sup>3</sup>  |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48

*Ensayo CBR - Expansión (suelo adicionado con 75% de mucilago de penca de tuna)*

| % Expansión            |               |                        |               |                        |               |
|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|
| Molde N° 1 (56 golpes) |               | Molde N° 2 (25 golpes) |               | Molde N° 3 (10 golpes) |               |
| Lectura inicial        | Lectura final | Lectura inicial        | Lectura final | Lectura inicial        | Lectura final |
| 0.000                  | 1.020         | 0.000                  | 1.420         | 0.000                  | 1.940         |
| 0.875%                 |               | 1.218%                 |               | 1.664%                 |               |

Fuente: Elaboración propia

Se evidencia una expansión de la Muestra D es de 0.875% para 56 golpes, 1.218 % para 25 golpes y de 1.664% para 10 golpes.

MENDIZABAL HOBISPO, Katheryn. *Adición del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelos arcillosos, chilca*. Universidad Peruana los Andes. Huancayo, Peru. 2018.

## ANEXO N°14: INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.

Tabla 49

Ensayo CBR - Penetración (suelo adicionado con 75% de mucilago de penca de tuna)

| Penetración          |                        |            |            |                        |            |            |                        |            |            |
|----------------------|------------------------|------------|------------|------------------------|------------|------------|------------------------|------------|------------|
| Penetración<br>Pulg. | Molde N° 1 (56 Golpes) |            |            | Molde N° 2 (25 Golpes) |            |            | Molde N° 3 (10 Golpes) |            |            |
|                      | Kg.                    | Lbs.       | Lbs/pulg2  | Kg.                    | Lbs.       | Lbs/pulg2  | Kg.                    | Lbs.       | Lbs/pulg2  |
| 0.025                | 120.6                  | 266        | 89         | 120.6                  | 266        | 89         | 118.6                  | 262        | 87         |
| 0.050                | 142.2                  | 314        | 105        | 135.0                  | 298        | 99         | 128.5                  | 283        | 94         |
| 0.075                | 168.0                  | 370        | 123        | 156.4                  | 345        | 115        | 139.7                  | 308        | 103        |
| <b>0.100</b>         | <b>188.2</b>           | <b>415</b> | <b>138</b> | <b>175.4</b>           | <b>387</b> | <b>129</b> | <b>148.6</b>           | <b>328</b> | <b>109</b> |
| 0.150                | 200.4                  | 442        | 147        | 190.4                  | 420        | 140        | 159.4                  | 351        | 117        |
| 0.200                | 209.7                  | 462        | 154        | 199.4                  | 440        | 147        | 166.8                  | 368        | 123        |
| 0.250                | 218.4                  | 482        | 161        | 207.5                  | 458        | 153        | 171.6                  | 378        | 126        |
| 0.300                | 227.4                  | 501        | 167        | 215.8                  | 476        | 159        | 175.0                  | 386        | 129        |
| 0.400                | 251.4                  | 554        | 185        | 231.5                  | 510        | 170        | 180.4                  | 398        | 133        |
| 0.500                | 289.5                  | 638        | 213        | 252.8                  | 557        | 186        | 185.9                  | 410        | 137        |

Fuente: Elaboración propia

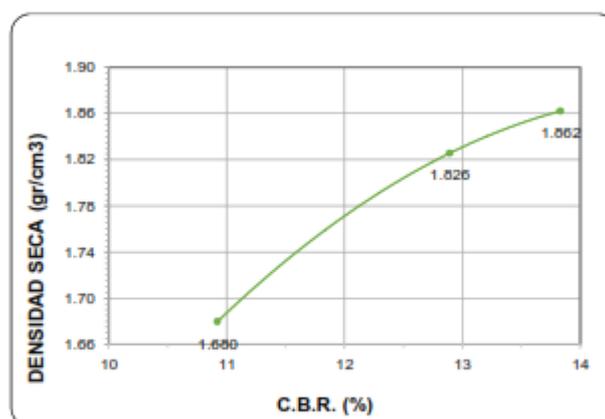


Figura 35. Curva de C.B.R. del suelo adicionado con 75% de mucilago de penca de tuna

Tabla 50

Ensayo CBR - Suelo adicionado con 75% de mucilago de penca de tuna

| N° Golpes | % CBR | D.S.  | Densidad seca gr/cm3 |       | CBR (%) |
|-----------|-------|-------|----------------------|-------|---------|
| 56        | 13.8  | 1.862 | 100%MDS              | 1.860 | 13.7    |
| 25        | 12.9  | 1.826 | 95%MDS               | 1.767 | 11.8    |
| 10        | 10.9  | 1.680 |                      |       |         |

Fuente: Elaboración propia

MENDIZABAL HOBISPO, Katheryn. *Adición del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelos arcillosos, chilca*. Universidad Peruana los Andes. Huancayo, Peru. 2018.