



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Estudio de la estabilización de suelos para mejorar su capacidad portante aplicando cloruro de sodio y Sistema Consolid - Puente Piedra 2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Sanca Quispe, Jhonny (ORCID: 0000-0002-4849-6995)

ASESOR:

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Estructura Vial

LIMA - PERÚ

2020

DEDICATORIA:

Este trabajo de investigación está dedicado a mi familia y todas las personas que me ayudaron y apoyaron a seguir adelante para poder culminar este trabajo.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme sabiduría, paciencia y perseverancia para poder realizar este trabajo y así poder alcanzar mi meta.

A mis padres y hermanas, que con su amor y apoyo incondicional siempre he podido salir adelante de las dificultades que se presentaron en el camino. Además, por su paciencia y comprensión durante el periodo que desarrollaba esta tesis.

A la Universidad César Vallejo y Maestros, por compartir en sus aulas sus conocimientos y experiencias para que pudiera seguir creciendo y aprendiendo, de esta manera han contribuido en la formación de mi vida profesional.

A todas las personas, que de un modo o de otro me apoyaron a lo largo de estos años y me enseñaron a no rendirme nunca y seguir siempre adelante.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1. Tipo y diseño de investigación	18
3.2. Variables y operacionalización	19
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimientos	21
3.6. Método de análisis de datos.....	21
3.7. Aspecto ético.....	21
IV. RESULTADOS.....	22
V. DISCUSIÓN.....	42
VI. CONCLUSIONES.....	46
VII. RECOMENDACIONES	48
REFERENCIAS.....	49
ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tabulación del Límite de Atterberg - NaCl.....	25
Tabla 2. Interpolación Lineal - NaCl	26
Tabla 3. Interpolación del Límite de Atterberg - NaCl.....	26
Tabla 4. Resumen del Límite de Atterberg - NaCl.....	27
Tabla 5. Tabulación del Proctor Modificado - NaCl	28
Tabla 6. Interpolación del Proctor Modificado - NaCl	28
Tabla 7. Resumen del Proctor Modificado - NaCl	29
Tabla 8. Tabulación del CBR - NaCl	30
Tabla 9. Interpolación del CBR - NaCl	31
Tabla 10. Resumen del CBR - NaCl.....	31
Tabla 11. Tabulación del Límite de Atterberg - Sistema Consolid... ..	33
Tabla 12. Interpolación Lineal - Sistema Consolid	34
Tabla 13. Interpolación del Límite de Atterberg - Sistema Consolid.....	34
Tabla 14. Resumen del Límite de Atterberg - Sistema Consolid.....	35
Tabla 15. Tabulación del Proctor Modificado - Sistema Consolid	36
Tabla 16. Interpolación del Proctor Modificado - Sistema Consolid	36
Tabla 17. Resumen del Proctor Modificado - Sistema Consolid.....	37
Tabla 18. Tabulación del CBR - Sistema Consolid.....	38
Tabla 19. Interpolación del CBR - Sistema Consolid.....	38
Tabla 20. Resumen del CBR - Sistema Consolid.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación Geográfica	22
Figura 2. Ubicación de la zona en estudio	23
Figura 3. Fórmula Interpolación Lineal	26
Figura 4. Límite de Atterberg - NaCl.....	27
Figura 5. Proctor Modificado - NaCl	29
Figura 6. California Bearing Ratio CBR - NaCl.....	31
Figura 7. Formula Interpolación Lineal	33
Figura 8. Límite de Atterberg – Sistema Consolid	35
Figura 9. Proctor Modificado - Sistema Consolid	37
Figura 10. California Bearing Ratio CBR – Sistema Consolid	39
Figura 11. Costo de estabilización de suelo con Cloruro de Sodio	40
Figura 12. Costo de estabilización de suelo con Sistema CONSOLID.....	40
Figura 13. Costo de estabilización de suelo con PROES - Cemento	41

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación su objetivo principal fue evaluar como el estudio de la estabilización de suelos influye en la mejora de su capacidad portante aplicando Cloruro de Sodio y Sistema Consolid.

Esta investigación se desarrolló con el único fin de mejorar la capacidad portante del suelo, adicionando agentes estabilizadores como el Cloruro de Sodio y Sistema Consolid para optimizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para ello se comparó utilizando como referencias 12 tesis.

Se utilizó el análisis documental para la evaluación del límite de atterberg, proctor modificado y ensayo de CBR para los agentes estabilizadores: como el Cloruro de sodio en porcentajes de 2%, 6% y 10%. Por otro lado, el Sistema Consolid en combinaciones de Consolid 444 a 0.0045% y Solidry a 1.25%, 1.75% y 1.90%.

Finalmente, se comprobó con los ensayos que la capacidad portante del suelo mejora al aplicarle el Cloruro de Sodio y el Sistema Consolid en ambos aditivos se observó un aumento continuo del CBR.

Palabras claves: Estabilización de suelos, Cloruro de Sodio, Sistema Consolid

ABSTRACT

In the present research work, its main objective was to evaluate how the study of soil stabilization influences the improvement of its bearing capacity by applying Sodium Chloride and Consolid System.

This research was carried out with the sole purpose of improving the bearing capacity of the soil, adding stabilizing agents such as Sodium Chloride and Consolida System to optimize the physical and mechanical properties of the soil. For this, 12 theses were compared as references.

Documentary analysis was used for the evaluation of the atterberg limit, modified proctor and CBR test for stabilizing agents: such as sodium chloride in percentages of 2%, 6% and 10%. On the other hand, the Consolid System in combinations of Consolid 444 to 0.0045% and Solidry to 1.25%, 1.75% and 1.90%.

Finally, it was verified with the tests that the bearing capacity of the soil improves when applying Sodium Chloride and the Consolid System in both additives, a continuous increase in CBR was observed.

Keywords: Soil stabilization, Sodium Chloride, Consolida System

I. INTRODUCCIÓN

El material principal para la construcción es el suelo porque sobre ella se construye diversas edificaciones, puentes y carreteras. Un problema frecuente que se encuentra a la hora de realizar un proyecto, es no contar con una buena calidad de suelo que soporte a estas construcciones. Esto obliga a los ingenieros encontrar una solución, para todo ingeniero es crucial conocer las propiedades y características del suelo en donde va a realizar alguna obra, porque de ello depende la durabilidad del proyecto.

En países de América del Sur como Colombia y Ecuador presentan en su territorio suelos arcillosos, trópico – andino y además una amplia variedad de suelos complejos, esto provoca que la realización de un proyecto de construcción sea complicada. En estos lugares se deben de mejorar estos suelos porque no cumplen con los requerimientos técnicos mínimos para la construcción es por ello que utilizan diferentes medios para mejorar la estabilización de los suelos.

Colombia utiliza compuestos químicos como TX-85, ConAid y Terrasil al utilizar estos productos se puede apreciar un incremento de la resistencia en comparación con métodos tradicionales.¹ En Ecuador usan diversos agentes estabilizadores entre ellos podemos mencionar al Sistema CONSOLID que está conformado por Consolid 444 (CD444) y Solidry (SD). Al utilizar este producto se puede observar un aumento en la resistencia y a la compactación, este producto también refuerza la permeabilidad.²

En el Perú, encontramos distintos tipos de suelos por estar conformado por tres regiones geográficas costa, sierra y selva. Por mencionar el departamento de San Martín cuenta con un suelo fino plástico – arcilloso esto provoca problemas de falta de estabilidad e impermeabilidad. Es por ello que para mejorar la estabilidad del suelo se utiliza diferentes aditivos como el Sistema SONSOLID. Entre los atributos de este producto podemos mencionar un aumento mínimo de 3 y 5 del CBR original,

¹ ALVAREZ ZULUAGA, M. S. *Estabilización química de suelos en proyectos de infraestructura vial en Antioquia*. Tesis titulación. Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2015. Pp.24, 47

² AGUIRRE, J. J. y PRADO, M. *Estabilización de la subrasante en la vía Cuicocha – Apuela del Km 32 al Km 38, Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura, utilizando el Sistema Consolid*. Tesis titulación. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2012. Pp.34, 97

durabilidad del suelo tratado y una de las partes más importantes que va acorde con una de las problemáticas actuales es que no contamina el medio ambiente.³

El departamento de Áncash posee una superficie arenosa, arcillosa y presenta humedad debido al alto nivel freático. Estos suelos se forman por consecuencia de fuentes fluviales o erosiones. Debido a estos problemas, usan técnicas de estabilización que mejoren el comportamiento del suelo, como la utilización del cloruro de sodio (NaCl).⁴ Este producto también fue utilizado en el departamento de Amazonas ya que este lugar está conformado por suelos arcillosos, estos suelos presentan problemas debido a su elevada plasticidad, reducida capacidad de soporte e inestabilidad de volumen. Por tener su suelo estas características tienen la obligación de mejorar las propiedades del suelo antes de realizar alguna obra, después que aplicaron el cloruro de sodio (NaCl) se puede apreciar mejoras de las propiedades de resistencia, cohesión, durabilidad e impermeabilidad del suelo.⁵

Por todo lo mencionado anteriormente el motivo principal para realizar una estabilización es mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para lograr este objetivo los ingenieros utilizan diversas técnicas y productos existentes como mecánicos, físicos y químicos. Mejorar las características del suelo es fundamental a la hora de realizar alguna obra de construcción porque este elemento es la encargada de soportar toda la carga de la obra.

El distrito de Puente Piedra aparenta tener un suelo arcilloso por ende cuenta con bajos valores de índice de CBR es por ello que se buscará incrementar la estabilidad y resistencia del suelo, para que de esta manera pueda soportar las cargas generadas por la realización de los nuevos proyectos. Para ello se utilizará el Cloruro de Sodio (NaCl) y el Sistema Consolid que está compuesto por Solidry (SD) su función es mejorar la impermeabilidad y Consolid 444 (CD444) su característica principal es incrementar la resistencia y la compactación. Este trabajo

³ DÍAZ GARCÍA, J. C. *Estudio de estabilización de suelos con el sistema consolid para mejorar el camino vecinal Yántalo – C.P.M. Buenos Aires, Moyobamba – San Martín*. Tesis titulación. Universidad Cesar Vallejo, 2018. P.35

⁴ ECHE OROYA, K. F. y PELAEZ LOYOLA, A. K. *Estabilización de suelos de la red vial vecinal AN-876 con cloruro de sodio obtenido de diferentes salineras, Distrito de Santa – Ancash*. Tesis titulación. Universidad Cesar Vallejo, 2019. P.42

⁵ FERNÁNDEZ RIVA, L. *Estabilización de suelos arcillosos mediante adición de cloruro de sodio (NaCl) para uso de vías terrestres estudio de casos suelos de Chachapoyas*. Tesis titulación. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 2018. P.103

se va a orientar en la comparación de estos dos agentes estabilizadores que serán aplicados a varias muestras con diferentes dosificaciones, para poder analizar y comparar a través de ensayos de laboratorio, cuál de ellos presenta un mejor comportamiento en las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

Por otro lado, la formulación del problema de este trabajo de investigación la vamos a dividir en dos partes para su mejor desarrollo y estas son:

Problema General:

¿Cómo influye el estudio de la estabilización de suelos en la mejora de su capacidad portante aplicando Cloruro de Sodio y Sistema Consolid - Puente Piedra 2019?

Problema Específicos:

¿Cómo influye la dosificación del Cloruro de Sodio en la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019?

¿Cómo influye la dosificación del Sistema Consolid en la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019?

¿Cómo influye la dosificación óptima del Cloruro de Sodio en los costos de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019?

¿Cómo influye la dosificación óptima del Sistema Consolid en los costos de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019?

La justificación de la investigación: Al momento de realizar un proyecto de construcción se pueden presentar varias dificultades entre ellas podemos mencionar el no tener un suelo adecuado que sea capaz de soportar las nuevas obras construidas sobre ella. Al no solucionar este problema en el momento oportuno las obras presentaran deficiencias con el transcurrir del tiempo. Es por ello que es importa corregir este problema con las diferentes técnicas, procesos y productos que existen actualmente en el mercado para poder mejorar las características y propiedades del suelo.

En esta investigación, para poder obtener un suelo adecuado que cumpla con los requerimientos técnicos, se utilizara dos productos entre ellos tenemos el cloruro de sodio (NaCl) y el Sistema CONSOLID ambos productos presentan cierta particularidad ya que no encarecen en demasía el proyecto, son de fácil uso, no contaminan el medio ambiente y mejoran las características y propiedades del suelo.

Estos compuestos químicos serán comparados entre sí para poder observar cuál de ellos presenta mejores resultados a la hora de mejora las propiedades del suelo. También se dará a conocer cuál es la dosificación óptima en ambos agentes estabilizadores para la estabilización del suelo esta información será útil para las personas o entidades que quieran utilizar uno de estos productos.

Así mismo los objetivos que se quieren alcanzar en este trabajo de investigación son los siguientes a mencionar:

Objetivo general:

Evaluar como el estudio de la estabilización de suelos influye en la mejora de su capacidad portante aplicando Cloruro de Sodio y Sistema Consolid - Puente Piedra 2019.

Objetivo Específicos:

Evaluar como la dosificación del Cloruro de Sodio influye en la mejora de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019.

Evaluar como la dosificación del Sistema Consolid influye en la mejora de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019.

Evaluar como la dosificación óptima del Cloruro de Sodio influye en la mejora de los costos de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019.

Evaluar como la dosificación óptima del Sistema CONSOLID influye en la mejora de los costos de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019.

Por otro lado, las hipótesis de este trabajo de investigación se van a dividir en dos aspectos que son las siguientes:

Hipótesis General:

El estudio de la estabilización de suelos influye en la mejora de su capacidad portante aplicando Cloruro de Sodio y Sistema Consolid - Puente Piedra 2019.

Hipótesis Específicos:

La dosificación del Cloruro de Sodio influye en la mejora de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019.

La dosificación del Sistema CONSOLID influye en la mejora de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019.

La dosificación óptima del Cloruro de Sodio influye en la mejora de los costos de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019.

La dosificación óptima del Sistema Consolid influye en la mejora de los costos de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019.

II. MARCO TEÓRICO

La necesidad para mejorar las características y propiedades del suelo, no es un problema exclusivo de nuestro ámbito, sino también existen casos a nivel internacional, entre ellos podemos mencionar los siguientes antecedentes internacionales:

Para Álvarez (2015), en su tesis de investigación titulada *“Estabilización química de suelos en proyectos de infraestructura vial en Antioquía”* de la universidad Escuela de Ingeniería de Antioquia – Colombia. Tuvo como objetivo de investigación identificar como la estabilización química mejora los suelos para la realización de la estructura de un pavimento. Fue un estudio de tipo aplicada. La población de estudio es todo el tramo que comprende el proyecto de infraestructura vial en Antioquía. Para la muestra se realizaron 28 calicatas, las muestras recopiladas se estudiaron en 56 moldes de cilindro a los cuales se añadieron distintos compuestos químicos TX-85, ConAid y Terrasil. Los instrumentos empleados fueron el ensayo de CBR y el límite de Atterberg. Los principales resultados fueron de la subregión Urabá cuyo origen fue San Pedro – El Bobal tuvieron un CBR inicial 22.2 y CBR final 41.7; IP inicial 18.0 y IP final 9.8. Se concluyó que al utilizar compuestos químicos para la estabilización se puede apreciar un aumento de la resistencia a su vez un descenso del índice de plasticidad y permite un ahorro sustancial en comparación con los métodos tradicionales de estabilización.⁶

Para Aguirre y Prado (2012), en su tesis de investigación titulada *“Estabilización de la subrasante en la vía Cuicocha – Apuela del Km 32 al Km 38, Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura, utilizando el Sistema CONSOLID”* de la universidad Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Tuvo como objetivo de investigación estimar y cuantificar la variación en el valor del CBR y el índice plástico, entre el suelo natural y el suelo tratado con el Sistema Consolid. Fue un estudio de tipo aplicada. La población de estudio fue la vía Cuicocha – Apuela del Km 32 al Km 38. Para muestra se recolectaron datos de un tramo de seis kilómetros, las muestra para la compactación y CBR se tomaron a 0.50 m. las cuales fueron estudiadas en 51 moldes de cilindro. Los instrumentos empleados fueron límites de Atterberg,

⁶ ALVAREZ ZULUAGA, M. S. *Estabilización química de suelos en proyectos de infraestructura vial en Antioquia*. Tesis titulación. Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2015. Pp.13, 25, 47

proctor modificado y ensayo de CBR. Los principales resultados fueron del tramo km 37+700 el IP natural 8 y IP Consolid 8, proctor natural 21.19 y proctor Consolid 20.02, CBR natural 8.72 y CBR Consolid 15.43. Se concluyó que el índice de plasticidad, no se obtuvo cambio alguno con respecto a los suelos no tratados. El CBR tratado presenta un aumento que la muestra natural.⁷

Para Larrea y Rivas (2019), en su tesis de investigación titulada *“Estabilización de Suelos Arcillosos con Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio”* de la universidad católica de Santiago de Guayaquil - Ecuador. Tuvo como objetivo la estabilización de un suelo arcilloso con Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio. Fue un estudio de tipo aplicada. La población de estudio es la cantera Cañaverál, Guayas – Ecuador. Las muestras se extrajeron de la cantera Cañaverál a los cuales se añadieron Cloruro de Calcio (CaCl₂) y Cloruro de Sodio (NaCl) en diferentes dosificaciones para ello se utilizaron 43 moldes de cilindro. Los instrumentos empleados fueron límite de Atterberg, proctor modificado y ensayo de CBR. Los principales resultados fueron en la dosificación de 15% IP inicial 17 y IP NaCl 7.32, proctor inicial 15.20 y proctor NaCl 11.10, CBR inicial 27.27 y CBR NaCl 33.04. Se concluyó después de las pruebas realizadas que la reducción de la plasticidad, el agente estabilizador que tuvo mejores resultados fue el Cloruro de Sodio a pesar de que el Cloruro de Calcio también reduce la plasticidad del suelo, pero el suelo estabilizado pierde propiedades de resistencia.⁸

También podemos mencionar como antecedentes nacionales a Fernández (2018), en su tesis de investigación titulada *“Estabilización de suelos arcillosos mediante adición de cloruro de sodio (NaCl) para uso de vías terrestres. estudio de casos: suelos de Chachapoyas”* de la universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Tuvo como objetivo determinar la aplicación requerida del NaCl para mejorar la estabilización de suelos arcillosos de Chachapoyas. Fue un estudio de tipo aplicada. La población de estudio está conformada por suelos arcillosos del sector de Pucacruz, distrito de Chachapoyas. A la muestra traída de campo se le

⁷ AGUIRRE, J. J. y PRADO, M. *Estabilización de la subrasante en la vía Cuicocha – Apuela del Km 32 al Km 38, Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura, utilizando el Sistema Consolid*. Tesis titulación. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2012. Pp. iv, 41, 97, 99

⁸ LARREA OLIVERO, B. R. y RIVAS CAJO, J. C. *Estabilización de Suelos Arcillosos con Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio*. Tesis titulación. Universidad católica de Santiago de Guayaquil, 2019. Pp.3, 28, 104

aplicó diferentes porcentajes de NaCl con las cuales se realizaron 54 ensayos. Los instrumentos empleados fueron Límite de Atterberg, proctor modificado y ensayo de CBR. Los principales resultados fueron con el 50% IP natural 38.2 y IP NaCl 9.4, proctor natural 18.8 y proctor NaCl 6.8, CBR natural 1.6 y CBR NaCl 11.4. Se concluyó que para el suelo arcilloso de alta plasticidad su concentración de NaCl óptima es 5% para estabilizarla, mejorando sus propiedades de resistencia, cohesión, durabilidad e impermeabilidad.⁹

Para Eche y Peláez (2019), en su tesis de investigación titulada *“Estabilización de suelos de la red vial vecinal AN-876 con cloruro de sodio obtenido de diferentes salineras, Distrito de Santa - Ancash”* de la universidad Cesar Vallejo. Tuvo como objetivo determinar la influencia del cloruro de sodio en la estabilización de suelos de la red vial vecinal AN-876. Fue un estudio de tipo aplicada. La población de estudio es la red vial vecinal AN-876, localizada en el distrito de Santa - Ancash. La muestra se tomó de una longitud de 2.639 kilómetros. Para el estudio de la muestra se realizaron 6 calicatas de 1.50 m de profundidad. Se realizaron un total de 18 moldes de cilindro donde se le aplicaron diferentes dosificaciones de NaCl. Los instrumentos empleados fueron Análisis granulométrico, proctor modificado y CBR. Los principales resultados fueron el tipo de suelo ML (limo arenoso) según SUCS y para AASHTO es un suelo A-4 (3) (Suelo limoso). Según al 2% proctor natural 1.77 y NaCl 1.80, CBR natural 7.00 y NaCl 7.46. Se concluyó que el NaCl influyo positivamente en la estabilización en porcentajes no mayores al 2%.¹⁰

Para Díaz (2018), en su tesis de investigación titulada *“Estudio de estabilización de suelos con el Sistema Consolid para mejorar el camino vecinal Yántalo – C.P.M. Buenos Aires, Moyobamba – San Martín”* de la universidad Cesar Vallejo. Tuvo como objetivo realizar el estudio estabilización de suelos a nivel de subrasante con el Sistema Consolid en el camino vecinal Yántalo – C.P.M. Fue un estudio de tipo aplicada. La población de estudio se consideró el tramo del camino vecinal Yántalo – C.P.M. Buenos Aires, con una longitud de 20 +340 km. La muestra corresponde

⁹ FERNÁNDEZ RIVA, L. *Estabilización de suelos arcillosos mediante adición de cloruro de sodio (NaCl) para uso de vías terrestres estudio de casos suelos de Chachapoyas*. Tesis titulación. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 2018. Pp.10, 65, 103, 104

¹⁰ ECHE OROYA, K. F. y PELAEZ LOYOLA, A. K. *Estabilización de suelos de la red vial vecinal AN-876 con cloruro de sodio obtenido de diferentes salineras, Distrito de Santa – Ancash*. Tesis titulación. Universidad Cesar Vallejo, 2019. Pp. vii, 25, 33, 35, 36, 42, 52

el tramo Km 3+00 al km 7+00 donde se realizaron 9 calicatas para realizar sus respectivos ensayos se utilizaron 36 molde de cilindro. Los instrumentos empleados fueron análisis granulométrico, proctor modificado y CBR. Los principales resultados fueron que el índice de plasticidad (IP) el 100% de los suelos son arcillosos ya que el IP es Menor a 20. En el caso de la calicata C1 proctor natural 18.40 y proctor Consolid 15.40, CBR natural 6.75 y CBR Consolid 8.95. Se concluyó que el Sistema Consolid es un compuesto químico que mejoró en gran medida el CBR.¹¹

For Hussain (2019), in his research thesis entitled “*Stabilization of expansive soil using sodium hydroxide*” from the School of applied sciences of near east university - Republic of Chipre. Its objective was to evaluate the stabilization of the expansive soil using sodium hydroxide (NaOH). It was an applied type study. The instruments used were the analysis of grain size particles, Atterberg limit, compaction test, unconfined compression test. The main results were that the soil consists of 67% clay and 33% silt from Cyprus clay soil. According to the 15% of the initial PI 36 and PI NaOH 15 dosage, initial compaction test 20 and NaOH compaction test 15.54, initial unconfined compression test 94 and unconfined compression test NaOH 354. It was concluded that by adding NaOH In the soil, the plasticity of the expansive soil decreases. This occurs when sodium hydroxide (NaOH) is added. It was also observed that the óptimal dosage is 15% sodium hydroxide (NaOH) where a considerable increase in compressive strength was observed.¹²

Para Hussain (2019), en su tesis de investigación titulada “*Estabilización del suelo expansivo utilizando hidróxido de sodio*” de la School of applied sciences of near east university – República de Chipre. Tuvo como objetivo evaluar la estabilización del suelo expansivo utilizando hidróxido de sodio (NaOH). Fue un estudio de tipo aplicada. Los instrumentos empleados fueron el análisis de partículas de tamaño de grano, límite de Atterberg, prueba de compactación, prueba de compresión no confinada. Los principales resultados fueron que el suelo consiste en arcilla 67% y

¹¹ DÍAZ GARCÍA, J. C. *Estudio de estabilización de suelos con el sistema consolid para mejorar el camino vecinal Yántalo – C.P.M. Buenos Aires, Moyobamba – San Martín*. Tesis titulación. Universidad Cesar Vallejo, 2018. P.22, 25, 30, 32, 35

¹² HUSSAIN, S. *Stabilization of expansive soil using sodium hydroxide*. degree thesis. School of applied sciences of near east university, 2019. Pp. 3, 41, 43, 45, 49, 58

33% limo de suelo arcilloso Chipre. Según al 15% de dosificación PI inicial 36 y PI NaOH 15, prueba de compactación inicial 20 y prueba de compactación NaOH 15.54, prueba de compresión no confinada inicial 94 y prueba de compresión no confinada NaOH 354. Se concluyó que mediante la adición de NaOH en el suelo, la plasticidad del suelo expansivo disminuye esto ocurre cuando se agrega el hidróxido de sodio (NaOH). También se observó que la dosificación óptima es el 15% de hidróxido de sodio (NaOH) donde se apreció un aumento considerable de la resistencia a la compresión.¹³

For Sinan (2017), in his research thesis entitled "*The use of lime sludge for soil stabilization*" from Iowa State University - United States. Had as objective lime sludge (LS) evaluation as an alternative stabilizer. It was an applied type study. The instruments used were the Atterberg limit, standard proctor test, unconfined compression resistance (UCS) test. The main results were with 12% PI LOE 10.4 and PI LS 10.1, proctor LOE 16.67 and proctor LS 16.48, UCS LOE - and UCS LS 140.1. It was concluded that according to the results of the dry-wet test (WD), the use of lime mud (LS) decreased the performance of portland cement (PC) and caused failures. The freeze-thaw swelling test results showed that although the use of LS decreased the performance of other stabilizers, an optimal amount of LS (about 12%) could be used alone to reduce swelling.¹⁴

Para Sinan (2017), en su tesis de investigación titulada "*El uso de lodos de cal para la estabilización del suelo*" de la Iowa State University – Estados Unidos. Tuvo como objetivo la evaluación del lodo de cal (LS) como un estabilizador alternativo. Fue un estudio de tipo aplicada. Los instrumentos empleados fueron el límite de Atterberg, prueba de proctor estándar, prueba de la resistencia a la compresión no confinada (UCS). Los principales resultados fueron con el 12% PI LOE 10.4 y PI LS 10.1, proctor LOE 16.67 y proctor LS 16.48, UCS LOE - y UCS LS 140.1. Se concluyó que según los resultados de la prueba seco – mojado (WD), el uso de lodo de cal (LS) disminuyó el rendimiento del cemento portland (PC) y causó fallas. Los resultados de la prueba de hinchazón bajo congelación - descongelación (FT)

¹³ HUSSAIN, S. *Estabilización del suelo expansivo utilizando hidróxido de sodio*. degree thesis. School of applied sciences of near east university, 2019. Pp. 3, 41, 43, 45, 49, 58

¹⁴ SINAN COBAN, H. *The use of lime sludge for soil stabilization*. degree thesis. Iowa State University, 2017. Pp. 33, 43, 44, 45

mostraron que, aunque el uso de LS disminuyó el rendimiento de otros estabilizadores, una cantidad óptima de LS (alrededor del 12%) podría usarse solo para reducir la hinchazón.¹⁵

For Akol (2012), in his research thesis entitled "*Stabilization of peat soil using lime as a stabilizer*" from the Universiti Teknologi Petronas - Malaysia. Its objective was to study the effect of different percentages of lime on peat soil in terms of its strength and pH. It was an applied type study. The instruments used were soil PH test, Atterberg limit and unconfined compression test (UCT). The main results were of the PH before treatment 3.45 and PH after treatment 11.5. The plasticity index (PI) was 29.05 which indicates that the peat soil is suitable to stabilize with lime since its plasticity index (PI) is greater than 10. The 16% unconfined compression test (UCT) gave Initial UCT 94.7584kPA and UCT Cal 147.33kPA. It was concluded that optimal resistances are within the range of 14%, 16% and 18% of the proportions of lime. In general, the unconfined compression test (UCT) indicates that the peat soil gained strength due to the different percentages of lime added.¹⁶

Para Akol (2012), en su tesis de investigación titulada "*Estabilización del suelo de turba utilizando cal como estabilizador*" de la Universiti Teknologi Petronas - Malasia. Tuvo como objetivo Estudiar el efecto de diferentes porcentajes de cal en el suelo de turba en términos de su fuerza y pH. Fue un estudio de tipo aplicada. Los instrumentos empleados fueron prueba de PH del suelo, límite de Atterberg y prueba de compresión no confinada (UCT). Los principales resultados fueron del PH antes del tratamiento 3.45 y PH después del tratamiento 11.5. El índice de plasticidad (PI) fue 29.05 lo que indica que el suelo de turba es adecuado para estabilizarse con cal ya que su índice de plasticidad (PI) es mayor que 10. La prueba de compresión no confinada (UCT) al 16% dio UCT inicial 94.7584kPA y UCT Cal 147.33kPA. Se concluyó que resistencias óptimas están dentro del rango del 14%, 16% y 18% de las proporciones de cal. En general, la prueba de compresión no

¹⁵ SINAN COBAN, H. *El uso de lodos de cal para la estabilización del suelo*. Degree thesis. Iowa State University, 2017. Pp. 33, 43, 44, 45

¹⁶ AKOL, A. K. *Stabilization of peat soil using lime as a stabilizer*. Degree thesis. Universiti Teknologi Petronas, 2012. Pp. 5, 24, 34

confinada (UCT) indica que el suelo de turba ganó resistencia debido a los diferentes porcentajes de cal añadidos.¹⁷

Para Saravanakumar et al. (2019), en su artículo de investigación titulado “*Estudio experimental sobre el método de estabilización del suelo al agregar el cloruro de calcio y el cloruro de sodio*” de Gnanamani College of Technology - India. Tuvo como objetivo modificar las propiedades de ingeniería del suelo. Tipo aplicada. Los instrumentos empleados fueron prueba de Atterberg, prueba de Relación de Soporte de California, Pruebas de resistencia a la compresión no confinada. Los principales resultados fueron para el suelo de algodón negro los siguientes IP 0% 4.9, IP 10% CaCl₂ 4 y IP 10% NaCl 3.9. CBR 0% 1.7, CBR 10% CaCl₂ 3.28 y CBR 10% NaCl 4.58. La prueba de resistencia a la compresión no confinada mostro los siguientes datos 0% 85KPA, 10% CaCl₂ a 14 días 268KPA y 10% NaCl a 14 días 258KPA. Se concluyó que después de realizar la prueba con los diferentes compuestos químicos en el rango de 0%, 5%, 10%, 15%. Al comparar con todos los porcentajes el 10% se encuentra como el porcentaje óptimo. Hay una reducción del índice de plasticidad y la resistencia aumenta utilizando el cloruro de calcio y el cloruro de sodio.¹⁸

Para Durotoye et al. (2016), en su artículo de investigación titulado “*Efecto de la sal común en las propiedades de ingeniería del suelo expansivo*” de la Universidad Covenant - Nigeria. Tuvo como objetivo investigar el efecto de la sal común en algunas propiedades geotécnicas del suelo expansivo. Tipo aplicada. Los instrumentos empleados fueron límites de Atterberg, la relación de soporte de California (CBR), la resistencia a la compresión no confinada (UCS). Los principales resultados fueron IP natural 81% y IP NaCl al 1.5% 23.28, CBR natural 29.2 y CBR NaCl 1.5% 38.48, UCS natural 67.86 kN/m² y UCS NaCl 1.5% 86.17 kN/m². Se concluyó que al utilizar diversas dosificaciones de Cloruro de Sodio (NaCl) al 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5% el porcentaje óptimo para el tratamiento del suelo expandido fue el 1.5% de sal común en peso (NaCl). El tratamiento del suelo con

¹⁷ AKOL, A. K. *Estabilización del suelo de turba utilizando cal como estabilizador*. Degree thesis. Universiti Teknologi Petronas, 2012. Pp. 5, 24, 34

¹⁸ SARAVANAKUMAR, K. et al. Estudio experimental sobre el método de estabilización del suelo al agregar el cloruro de calcio y el cloruro de sodio. *International journal of current engineering and scientific research*. 2019, 6, 119-124. ISBN 2394-0697. Pp. 119, 120, 123, 124

sal común ha reducido su potencial de hinchamiento y ha aumentado la resistencia.¹⁹

Para Chotliya, Bhatt, Parmar (2017), en su artículo de investigación titulado “*Estudio de laboratorio del diseño de espesor de pavimento flexible por el sistema CONSOLID en suelo de algodón negro.*” de la Universidad de Parul Vadodara-India. Tuvo como objetivo determinar los cambios en las propiedades del suelo natural por la adición de estabilizadores, es decir, C444 y SD. Tipo aplicada. Los instrumentos empleados fueron límites de Atterberg, compactación modificada, relación de soporte de California (CBR), la resistencia a la compresión no confinada (UCS). Los principales resultados fueron del suelo sin tratar IP 27.17, compactación modificada 14.21 y CBR 2.64. Al aplicar CONSOLID 444 (C-444) con un porcentaje de 1.75% IP 25.49, compactación modificada 12.67 y CBR 9.53. En el caso del SOLIDRY (SD) con un porcentaje de 1.75% IP 20.79, compactación modificada 11.95 y CBR 19.98. Se concluyó que el índice de plasticidad del suelo de algodón negro tratado con Consolid444 y Solidry disminuyó con el mayor porcentaje. En el caso del ensayo de CBR se vio un considerable aumento.²⁰

La teoría que tiene relación al tema que estamos investigando podemos mencionar los siguientes:

Estabilización de suelos: Es el proceso de optimizar los parámetros de resistencia al corte del suelo e incrementar la capacidad de carga. La estabilidad del suelo implica el empleo de agentes estabilizadores en suelos débiles para incrementar sus propiedades geotécnicas, como la compresibilidad, resistencia, permeabilidad y durabilidad.²¹

Cloruro de Sodio (NaCl): Tiene un tono blanco y está forma de cristales. Reduce las heladas en el suelo al oprimir el punto de helamiento del agua. El cloruro de

¹⁹ DUROTOYE, T. O. et al. Efecto de la sal común en las propiedades de ingeniería del suelo expansivo. *International Journal of Engineering and Technology*. 2016, 6, 233-241. ISBN 2049-3444. Pp. 235, 236, 240

²⁰ CHOTLIYA, G., BHATT, K. y PARMAR, N. B. Estudio de laboratorio del diseño de espesor de pavimento flexible por el sistema CONSOLID en suelo de algodón negro. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*. 2017, 4, 876-880. ISSN 2348-4470. Pp. 876, 877, 878, 880

²¹ AFRIN, H. A Review on Different Types Soil Stabilization Techniques. *International Journal of Transportation Engineering and Technology*. 2017, 3, 19-24. P.20

sodio se usa considerablemente en muchas industrias químicas.²² Es un agregado iónico con la fórmula química NaCl, que representa una relación 1:1 de iones de sodio y cloruro. Se usa usualmente como sal y el NaCl se aplica para la descongelación de carreteras en climas bajo cero.²³

Sistema Consolid: Es una técnica suiza que se usa en asociación de Consolid 444 (CD444) y SOLIDRY (SD) en polvo para suplantar materiales convencionales. Este producto se usa para optimizar la CBR del suelo.²⁴ Normas para trabajar con el Sistema Consolid: 1 m³ = 2000kg., 1 m² de tierra a 25cm de profundidad = 500 kg. y 1 m² de tierra a 10cm de profundidad = 200kg.²⁵

Consolid 444 (CD444): Es un contenido blanco líquido químico que tiene la peculiaridad de reducir la absorción de agua mediante la disminución de la actividad capilar, reduce la permeabilidad y aumenta la densidad del suelo tratado. Aplicación 0.4 a 0.8 L / m³ (1.0 a 2.0% en peso de suelo) Combinado con agua en una proporción de 1: 20 a 50 partes de agua.²⁶

Solidry (SD): Es una partícula con revestimiento químico orgánico, que aumenta todavía más la protección del suelo tratado frente a el efecto suavizante del agua, preserva el suelo tratado, detiene la conducta de hinchamiento del suelo y aumenta las características de unión específicas del suelo. Aplicación 1,0 a 2,0% en peso del suelo.²⁷

²² DUBEY, P. Y JAIN, R. Effect of Common Salt (Nacl) on Engineering Properties of Black Cotton Soil. *International Journal of Science Technology & Engineering*. 2015, 2, 64-68. ISSN 2349-784X. P.65

²³ GUTTIKONDA, R. Y ABHILASH, N. Stabilization of Black Cotton Soil Using Sodium Chloride. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*. 2018, 4, 1-5. ISSN 2454-132X. P.3

²⁴ TAILOR, R. M. Y SHAH, N. C. applications of innovative materials for performance improvement of flexible pavement over expansive subgrade. *Int. J. of geomate*. 2015, 8, 1197-1202. ISSN 2186-2990. P.1201

²⁵ Scribd sistema CONSOLID preguntas y respuestas [en línea] [fecha de consulta: 28 mayo 2020]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/357358474/Sistema-Consolid-Preguntas-y-Respuestas>. P.7

²⁶ CHOTLIYA, G., BHATT, K. y PARMAR, N. B. A laboratory study of thickness design of flexible pavement by the CONSOLID system in black cotton soil. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*. 2017, 4, 876-880. ISSN 2348-4470. Pp. 876, 877

²⁷ KHUNT, K. P., MISHRA, C. B. Y AMIN, A. A. Improvement in Soil Strength Using Stabilizers in Pavement. *International Journal of Engineering Research & Technology*. 2014, 3, 1266-1269. ISSN 2278-0181. P.1267

Análisis granulométrico de suelos por tamizado: (ASTM D 422, MTC E 107) a través de este ensayo se analiza las partículas del suelo a través de porcentajes que pasan por distintos tamices.²⁸

El suelo: El suelo es un material compuesto formado por partículas minerales que se produce por la desintegración de las rocas existente. Los tipos de suelos son los siguientes: Gravas: Las gravas se encuentra en las canteras y en los ríos tienen una medida aproximada de 2 milímetros vienen hacer fragmentos de rocas. Arenas: La arena son fragmentos más finos provienen de la trituración natural o artificial de la roca. Su medida se encuentra entre 2mm y 0.05 mm de diámetro. Limos: El limo no presenta plasticidad ni resistencia a la compresión se puede decir que es un material malo para la construcción. Mide entre 0.05 mm y 0.005 mm. Arcillas: Las arcillas presentan plasticidad al ser mezcladas con agua y sus partículas son sólidas cuando no presenta húmeda es decir es resistente a la compresión tiene un diámetro menor 0.005 mm.²⁹

Clasificación de suelos: Los suelos se pueden componer en grupos y subgrupos en aplicación de las características mecánicas y su comportamiento. Existen dos sistemas de clasificación y estos son:

Sistema de clasificación AASHTO: American Association of State Highway Officials (AASHTO) este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Se clasifica en 7 grupos: A-1 a A-3 son granulares y A-4 a A7 son limo y arcilla.³⁰ Ver anexo N°3

Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.): Es una aplicación del sistema de clasificación presentado en 1942 para aeropuertos por Arthur Casagrande. Utiliza las siguientes nomenclaturas grava (G), arena (S), limos (M),

²⁸ MTC - *Manual de ensayos de materiales* [en línea] [fecha de consulta: 17 noviembre 2019]. Disponible en: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf. P.44

²⁹ CRESPO VILLALAZ, C. *Mecánica de suelos y Cimentaciones*. 5ª ed. México: Limusa, 2004. ISBN 968-18-6489-1. P.18, 21, 22

³⁰ BRAJA, M. D. *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. 4ª ed. México: Cengage Learning, 2013. ISBN 978-1-111-57675-2. P.78, 80

arcilla (C), bien gradado (W), pobremente gradado (P), alta plasticidad (H), baja plasticidad (L), orgánico (O) y turba (P).³¹ Ver anexo N°4 y anexo N°5

Límite Líquido: Se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con relación al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico.³²

Límite Plástico: Se define como el contenido de húmeda con relación al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico.³³

Índice de Plasticidad: Este ensayo se realiza para hallar el contenido óptimo de humedad que toma un suelo. El valor del índice de plasticidad se encuentra restando el valor límite del líquido con el límite plástico. $IP = (\text{Límite líquido}) - (\text{Límite plástico})$ al usar esta procedimiento podemos indicar la condición del suelo.³⁴

Proctor Modificado: Es un ensayo de compactación del suelo, el proctor modificado se lleva a cabo para establecer la relación del Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos. utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)).³⁵

Proctor standard: La prueba de proctor standard se utiliza para establecer la humedad, relación de contenido y densidad seca de un suelo para un esfuerzo de compactación específico. utilizando una Energía Estándar (600 kN-m/m³ (12 400 pie-lbf/pie³)).³⁶

³¹ CRESPO VILLALAZ, C. *Mecánica de suelos y Cimentaciones*. 5ª ed. México: Limusa, 2004. ISBN 968-18-6489-1. P.88

³² SWETHA KOLAVENTI, S., GOKUL VENIGALLA, S. Y RAKESH, D. Stabilization of Black Cotton Soil using Salts and Their Comparative Analysis. *International Journal of Engineering Development and Research*. 2016, 4, 797-800. ISSN 2321-9939. p.798

³³ NIKHIL KUMAR, B., SMITHA, J. Y UDAY, K. V. Effect of Salinity on Geotechnical Properties of Expansive Soils. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 2015, 4, 6008-6015. ISSN 2319-8753. p.6010

³⁴ SARAVANAKUMAR, K. et al. An experimental study on the soil stabilization method by adding the calcium chloride and the sodium chloride. *International journal of current engineering and scientific research*. 2019, 6, 119-124. ISBN 2394-0697. Pp. 121, 122

³⁵ SWETHA KOLAVENTI, S., GOKUL VENIGALLA, S. Y RAKESH, D. Stabilization of Black Cotton Soil using Salts and Their Comparative Analysis. *International Journal of Engineering Development and Research*. 2016, 4, 797-800. ISSN 2321-9939. p.798

³⁶ AFRIN, H. Stabilization of Clayey Soils Using Chloride Components. *American Journal of Civil Engineering*. 2017, 5, 365-370. ISBN 2330-8737. P.367

Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR): La prueba de relación de soporte de California se usa para hallar el esfuerzo de penetración. El valor de CBR está determinado por la relación entre la carga de prueba y la carga estándar. La forma de prueba consta de dos partes, una es preparar la muestra de prueba y otra es la prueba de penetración. Hay dos tipos de compactación que se utilizan mediante dos métodos: Compactación estática y compactación dinámica. El valor de carga es de 1,25 mm por minuto. En la prueba CBR, se toman hasta 5 mm de muestra de penetración para diseñar. ³⁷

³⁷ SARAVANAKUMAR, K. et al. An experimental study on the soil stabilization method by adding the calcium chloride and the sodium chloride. *International journal of current engineering and scientific research*. 2019, 6, 119-124. ISBN 2394-0697. Pp. 122

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de Investigación: Aplicada busca convertir los conocimientos en conocimiento práctico para poder resolver un problema en concreto.³⁸ Esta investigación es aplicada porque vamos a utilizar leyes y teorías existentes para poder llegar al objetivo del estudio que es resolver de forma práctica un determinado problema o propuesta.

Nivel de Investigación: Explicativo su función radica en analizar las relaciones entre una o más variables independientes y su herramienta más importante es la observación de los resultados de las variables.³⁹ Esta investigación es explicativa, porque busca explicar los resultados y de esta manera establecer procedimientos que permitirá la comprobación de las hipótesis de la investigación.

Diseño de investigación: Experimental porque consiste en aplicar un estímulo a la variable independiente para poder observar la reacción de la variable dependiente.⁴⁰ Es cuasi experimental porque se toma en cuenta solo un tramo de la zona en estudio.⁴¹ Esta investigación es experimental porque manipula la variable independiente para poder obtener un resultado a través de ensayos o pruebas y a su vez es cuasi experimental porque manipula deliberadamente la variable independiente es decir no lo deja al azar.

Enfoque investigación: Es cuantitativo porque hace la recolección y el análisis de datos para poder formular el problema de investigación.⁴² Esta investigación es cuantitativo porque vamos a ejecutar una serie de pasos o etapas para poder realizar pruebas y ensayos los cuales a su vez nos van a dar como resultado un valor numérico.

³⁸ VALDERRAMA MENDOZA, S. *Pasos para elaborar proyectos de investigación Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. 10ª ed. Lima: San Marcos, 2019. ISBN 978-612-302-878-7. P.165

³⁹ HERNANDEZ SAMPIERI, R., FERNADEZ COLLADO, C. Y BAPTISTA LUCIO, P. *Metodología de la investigación*. 6ª ed. México: Mc Graw Hill Education, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0. P.150

⁴⁰ ARIAS, F. G. *El proyecto de la investigación introducción a la metodología científica*. 6ª ed. Caracas: Episteme, 2012. ISBN 980-07-8529-9. P.34

⁴¹ VALDERRAMA MENDOZA, S. *Pasos para elaborar proyectos de investigación Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. 10ª ed. Lima: San Marcos, 2019. ISBN 978-612-302-878-7. P.176

⁴² VALDERRAMA MENDOZA, S. *Pasos para elaborar proyectos de investigación Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. 10ª ed. Lima: San Marcos, 2019. ISBN 978-612-302-878-7. P.106

3.2. Variables y operacionalización

Variables: Las variables vienen hacer características o propiedades con los cuales identifican a un individuo u objeto a su vez estas particularidades pueden ser medidas con respecto de una a la otra. También se puede decir de las variables son atributos de las unidades de estudio. Así mismo las variables se pueden dividir en: Independiente; Son aquellas cuya existencia es autónoma esto quiere decir que no depende de otra, pero otras si dependen de esta variable. Dependiente; Es la variable que depende directamente de la variable independiente explica los fenómenos en función a otros elementos.⁴³ Por lo expresado anteriormente para este trabajo de investigación las variables identificadas son las siguientes: variable independiente Cloruro de Sodio y Sistema Consolid. Variable dependiente Estabilización de suelos.

Operacionalización: La operacionalización de variables es el desarrollo por el cual modificamos el concepto abstracto de las variables a unidades de medición. Esto quiere decir localizar los elementos que componen la variable en otras palabras los indicadores y sus dimensiones estas se funcionan en la definición contextual. En la operacionalización de las variables también se detalla o enumera los criterios y métodos para poder medir esta variable de manera individual.⁴⁴ La operacionalización de variables de esta investigación se podrá observar en la parte de anexos con el título Anexo n°1: Matriz de operacionalización de variables.

3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

Población: Universo o población de cosas y seres que está formado por elementos que tienen características comunes y pueden ser analizados.⁴⁵ Para este proyecto, la población o universo en estudio es la estabilización de suelos en el distrito de Puente Piedra. Se ha considerado esta zona como estudio porque en este lugar se están realizando varias obras y construcción de vías.

⁴³ VALDERRAMA MENDOZA, S. *Pasos para elaborar proyectos de investigación Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. 10ª ed. Lima: San Marcos, 2019. ISBN 978-612-302-878-7. P.157

⁴⁴ VALDERRAMA MENDOZA, S. *Pasos para elaborar proyectos de investigación Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. 10ª ed. Lima: San Marcos, 2019. ISBN 978-612-302-878-7. P.160

⁴⁵ VALDERRAMA MENDOZA, S. *Pasos para elaborar proyectos de investigación Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. 10ª ed. Lima: San Marcos, 2019. ISBN 978-612-302-878-7. P.182

Muestra: Es una parte de la población que representa ciertas particularidades de la población cuando se emplee técnicas de muestreo. Se debe seleccionar a través de procedimientos diversos un mínimo de unidades y un número óptimo.⁴⁶ Para este proyecto de investigación se ha seleccionado la calle 2 entre la calle 5 y pasaje 1 de la asociación de propietarios los jazmines de Copacabana como zona de estudio. También se puede destacar que la circulación de autos provoca el levantamiento de polvo que está afectando la salud de los pobladores de la zona es por ello que a través de la utilización de agentes estabilizadores se buscara mejorar las propiedades y características del suelo.

Muestreo: Es un proceso en el cual se selecciona por un parámetro una parte de la población. Este parámetro es una característica en común de la población que se va estudiar.⁴⁷ Para este trabajo de investigación el muestreo de la muestra en estudio se tomará por conveniencia es decir será no probabilístico para su mejor desarrollo ya que serán seleccionados con un criterio previamente establecido por el investigador para poder realizar los ensayos.

Unidad de Análisis: Para esta investigación la unidad de análisis viene hacer la parte más importante de la investigación. Teniendo como título “Estudio de la estabilización de suelos para mejorar su capacidad portante aplicando Cloruro de Sodio y Sistema Consolid – Puente Piedra 2019”. La unidad de análisis es identifica como la estabilización de suelos.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El procedimiento que se utilizó para la realización de este proyecto de investigación es el análisis documental esta técnica se basa principalmente en la revisión de fuentes secundarias, como son las revistas, artículos, manuales, libros, tesis y expedientes técnicos referentes al tema a investigar en nuestro caso sería la estabilización de suelos aplicando Cloruro de Sodio y Sistema Consolid. El instrumento que se utilizó para el análisis documental es la ficha de registro de datos. Teniendo una validez racional y los datos obtenidos deben de estar

⁴⁶ VALDERRAMA MENDOZA, S. *Pasos para elaborar proyectos de investigación Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. 10ª ed. Lima: San Marcos, 2019. ISBN 978-612-302-878-7. P.184

⁴⁷ VALDERRAMA MENDOZA, S. *Pasos para elaborar proyectos de investigación Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. 10ª ed. Lima: San Marcos, 2019. ISBN 978-612-302-878-7. P.188

debidamente certificados por un especialista esto dará una confiabilidad al resultado final.

3.5. Procedimientos

Se recopiló información referente al tema a tratar (estabilización de suelos aplicando Cloruro de Sodio y Sistema Consolid) de tesis y expedientes técnicos. Esta información debe de cumplir ciertas consideraciones de similitud a nuestro tema y también deben de tener un certificado del estudio. Luego de cumplir con estos requerimientos se procesa esta información mediante la interpolación para la obtención de nuestros datos. Después de obtener nuestros resultados se hará un análisis para poder identificar cual agente estabilizador es mejor y cuál es la dosificación óptima para obtener un suelo estabilizado.

3.6. Método de análisis de datos

Posteriormente de haber realizado la recopilación de datos se procede a realizar el análisis de estos para poder dar una respuesta a la pregunta inicial. También es importante conocer la variable que se está manipulando.⁴⁸ Después de la recolección de los datos se dará paso al análisis de estos para poder afirmar o rechazar las hipótesis planteadas en el proyecto de investigación. Por ende, es importante saber con qué variable se está trabajo para la obtención de datos.

3.7. Aspecto ético

En la recolección de datos: El investigador se compromete a que la información recopilada sea fiel reflejo de la realidad y sin ninguna alteración. Este trabajo tendrá también como fuente de información libros, revistas científicas, tesis, etc. Que tengan relación con el tema a investigar esto se desarrollará respetando los derechos de autor citando las fuentes de información respaldado por el ISO 690-2010. En la evaluación de datos: La información recopilada se evaluará de forma ordenada y clara. Esta información contara con las certificaciones respectivas para validar estos datos. En los resultados: Después de realizar la recolección y la evaluación de datos se realizará un proceso de interpolación para poder obtener un resultado.

⁴⁸ VALDERRAMA MENDOZA, S. *Pasos para elaborar proyectos de investigación Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. 10ª ed. Lima: San Marcos, 2019. ISBN 978-612-302-878-7. P.229

IV. RESULTADOS

4.1. Ubicación Geográfica

La ubicación de la zona en estudio se localiza en el distrito de puente piedra que tiene una extensión territorial de 71.18 m² y pertenece la provincia de Lima y departamento de Lima. Este distrito se ubica geográficamente a 11°50'47" de latitud Sur 77°06'21" de longitud Oeste y tiene una altitud de 200 m.s.n.m.

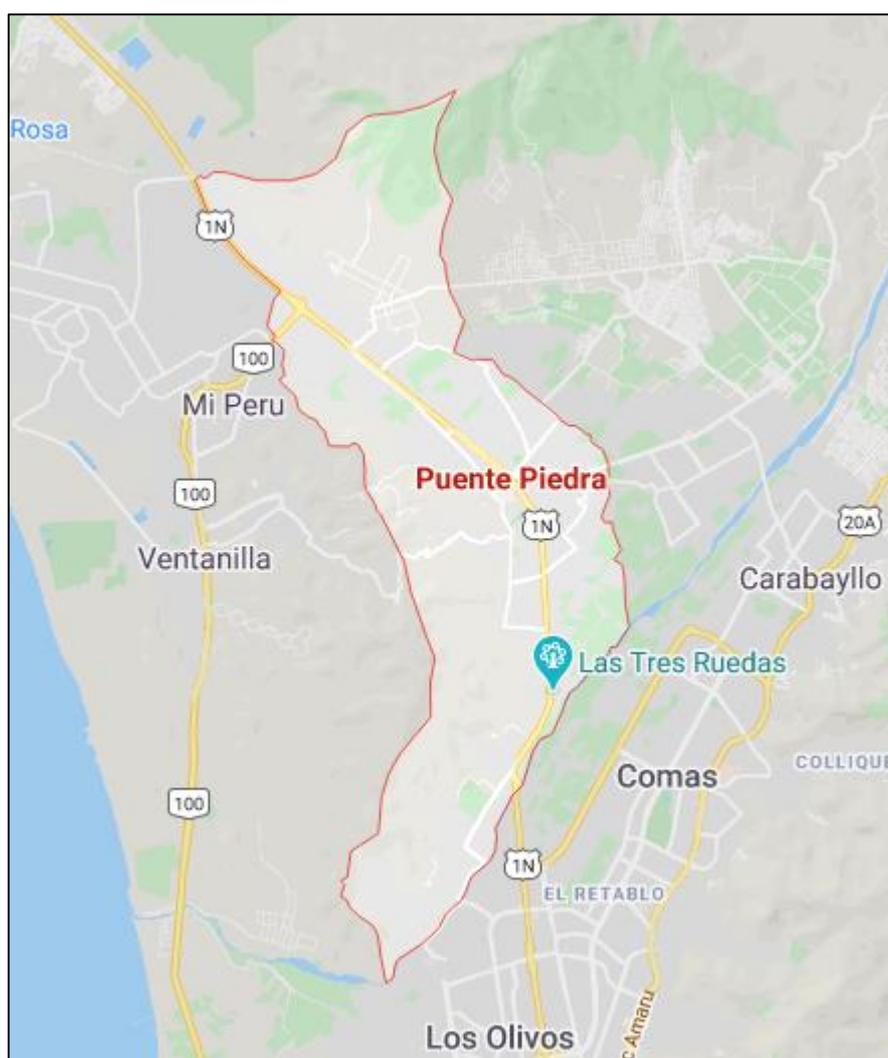


Figura 1: Ubicación Geográfica
Fuente: Google Maps

Para la realización de este proyecto de investigación nos basaremos en el análisis documental esto quiere decir que no se realizaran ensayos en laboratorios, sino que se buscaran tesis o expedientes técnicos donde se hallan utilizado los mismos

instrumentos de nuestra matriz de consistencia estos deben de estar certificados, a su vez el ámbito de estudio de los ensayos debe de ser similar al de nuestro proyecto de investigación para poder considerarlos. La cual corresponde a la calle 2 entre la calle 5 y pasaje 1 de la asociación de propietarios los jazmines de Copacabana del distrito de puente piedra.



Figura 2: Ubicación de la zona en estudio
Fuente: Google Earth

4.2. Trabajo de obtención de datos

Por encontrarnos en estado de emergencia sanitaria desde el mes de febrero hasta julio del presente año por consecuencia del virus COVID-19 que fue declarado una pandemia e impuesta una inmovilización domiciliar obligatoria, los laboratorios de suelos y concreto se mantuvieron cerradas, es por ello que se recurrió a la técnica de recolección de datos para elaborar el desarrollo del proyecto de investigación. Este método nos dio la oportunidad de obtener datos de los ensayos que requerimos según nuestra matriz de consistencia a través de tesis presentes en los

repositorios de las Universidades que contaban con la carrera de Ingeniería Civil a nivel nacional e internacional, así como también obtener la teoría de los artículos científicos los cuales se encontraban en las páginas web de las revistas de investigación online.

4.3. Trabajo de laboratorio

A través del análisis documental se pudo comprobar que el tipo de suelo que corresponde a nuestra zona en estudio es arcilla de baja plasticidad este dato fue obtenido de Huamán Quillahuaman Miguel Ángel de su tesis titulada mejoramiento del suelo arcilloso utilizando geoestructuras de Geopier para una edificación en la avenida Juan Lecaros frente al Estadio Municipal de Puente Piedra del año 2018 de la universidad Cesar vallejo (Ver anexo 6). Se tomó en cuenta este dato por encontrarse a una distancia de 500.0 mts con respecto a nuestro proyecto de investigación. Como información complementaria en la recolección de información también se localizó un plano del distrito de puente piedra en el cual se puede diferenciar los tipos de suelo que conforman este distrito (ver anexo N°7) donde se pudo observar nuestra zona de investigación y el tipo de suelo que le corresponde es arcilla.

Las tablas y figuras de los ensayos Límite de Atterberg (límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad), proctor modificado y CBR que se mostraran más adelante fueron obtenidas por medio del análisis documental.

4.4. Pruebas adicionando el Cloruro de Sodio (NaCl)

Los suelos inestables pueden dañar gravemente las infraestructuras, como carreteras, canales y aeropuertos. La incorporación de la sal para mejorar sus propiedades reduce estos riesgos.⁴⁹

Los ensayos que a continuación se van a analizar son los que hemos requerido en nuestra matriz (Límite de Atterberg, proctor modificado y CBR) y han sido obtenidas a través del análisis documental de la tesis de Palomino Saldaña Yelsin Edilberto (2016) en su investigación titulada Influencia de la adición de cloruro de sodio en el

⁴⁹ WAN, X. et al. An experimental study of salt expansion in sodium saline soils under transient conditions. *Science Press*. 2017, 9, 865-878. P. 865

índice california bearing ratio (cbr) de un suelo arcilloso para obtener el título profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte realizado en la ciudad de Santa Bárbara – Cajamarca. Los datos recolectados tienen gran similitud con los de nuestra zona de trabajo.

Límite de Atterberg

Este ensayo está conformado por una serie de pruebas de límite que se realizan a una muestra entre ellas tenemos: El límite líquido es el contenido de agua en porcentaje para el cual un suelo pasa de un estado plástico a líquido. El límite plástico es el contenido de agua en porcentaje para el cual un suelo pasa de un estado semisólido a plástico. Mientras que el índice de plasticidad es el parámetro que permite cuantificar la plasticidad en los suelos.⁵⁰

Por otra parte, se procedió a la tabulación de la información recolectada por el método de análisis documental que corresponde a los ensayos de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad adicionando Cloruro de Sodio (NaCl) en diferentes dosificaciones. Los datos de la tabla 1 están debidamente validadas por sus certificados ver anexo N°9, anexo N°10, anexo N°11 y anexo N°12.

Tabla 1: Tabulación del Límite de Atterberg - NaCl

	Límite Líquido	Límite Plástico	índice de Plasticidad
0%	27.00	16.00	11.00
4%	24.00	15.00	9.00
8%	22.00	14.00	8.00
12%	19.00	13.00	6.00

Fuente: Palomino Saldaña Yelsin Edilberto

Ahora bien, después de conocer los datos de los ensayos se utilizó una función matemática llamada interpolación lineal para poner insertar nuestros datos dentro de los rangos encontrados.

⁵⁰ TIQUE, J. C. et al. Comparación del rendimiento de dos agentes químicos en la estabilización de un suelo arcilloso. *ESPACIO I+D, Innovación más Desarrollo*. 2019, 8, 55-68. ISBN 2007-6703. P. 58

Fórmula Interpolación Lineal:

$$y = y_1 + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} (y_2 - y_1)$$

Figura 3: Formula Interpolación Lineal
Fuente: Tutoriales al día ingeniería civil

Por ejemplo, para la propiedad de límite líquido se hizo una interpolación entre el 4% y 8% elegimos un número que se encuentre dentro ese rango en este caso seleccionaremos el valor de 6%.

Distribución de datos:

Tabla 2: Interpolación Lineal - NaCl

Interpolación lineal	
X ₁ =4	Y ₁ =24.00
X=6	Y=?
X ₂ =8	Y ₂ =22.00

Fuente: Elaboración propia

Estos datos se reemplazaron en la formula y se obtuvo como resultado 23.00. el mismo procedimiento se hace para hallar el resto de datos.

Resultado de la interpolación lineal:

Tabla 3: Interpolación del Límite de Atterberg - NaCl

	Límite Líquido	Límite Plástico	índice de Plasticidad
0%	27.00	16.00	11.00
2%	25.50	15.50	10.00
4%	24.00	15.00	9.00
6%	23.00	14.50	8.50
8%	22.00	14.00	8.00
10%	20.50	13.50	7.00
12%	19.00	13.00	6.00

Fuente: Elaboración propia

La interpolación de datos dio lugar a nuevos porcentajes que se utilizaron en nuestro proyecto de investigación con respecto a la dosificación en diferentes porcentajes del Cloruro de Sodio a continuación se ve el efecto que produjo el NaCl en el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

Tabla 4: Resumen del Límite de Atterberg - NaCl

	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
0%	27.00	16.00	11.00
2%	25.50	15.50	10.00
6%	23.00	14.50	8.50
10%	20.50	13.50	7.00

Fuente: Elaboración propia

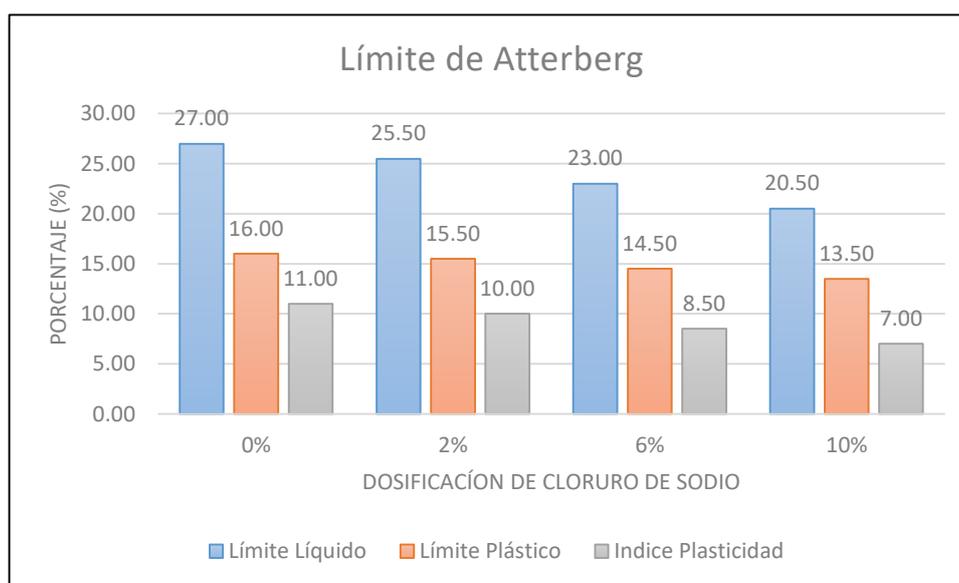


Figura 4: Límite de Atterberg - NaCl

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Como se puede apreciar en la figura 4 hay una disminución en el límite líquido y límite plástico al aumentar la dosificación del NaCl. En cuanto al índice de plasticidad podemos observar que la plasticidad del suelo disminuye continuamente al incrementar la dosificación con respecto a la muestra patrón.

Proctor Modificado

El ensayo de proctor modificado utiliza la compactación para provocar un fenómeno de cambio de volumen y determinar la relación que existe entre el contenido de humedad y densidad máxima seca.⁵¹

En cuando a la tabulación de la información recolectada por el método de análisis documental que corresponde al ensayo de proctor modificado adicionando Cloruro de Sodio (NaCl) en diferentes dosificaciones se encuentran debidamente validadas por sus certificados ver anexo N°13, anexo N°14, anexo N°15 y anexo N°16.

Tabla 5: Tabulación del Proctor Modificado - NaCl

	Densidad Max. Seca (gr/cm ³)	Humedad Óptima %
0%	1.90	10.23
4%	1.95	10.39
8%	1.97	10.30
12%	2.06	10.15

Fuente: Palomino Saldaña Yelsin Edilberto

Por otro lado, después de conocer los datos del proctor modificado se procedió a realizar la interpolación lineal para poner insertar nuestros datos dentro de los rangos encontrados. La fórmula de interpolación de datos y la distribución de los datos ya se mencionaron anteriormente.

Tabla 6: Interpolación del Proctor Modificado - NaCl

	Densidad Max. Seca (gr/cm ³)	Humedad Óptima %
0%	1.90	10.23
2%	1.92	10.31
4%	1.95	10.39
6%	1.96	10.35
8%	1.97	10.30
10%	2.01	10.23
12%	2.06	10.15

Fuente: Elaboración propia

⁵¹ RAMYA, HN., UMESHA, TS. Y LATITHAMBA, HS. Effect of Sodium Chloride on Geotechnical Properties of Black Cotton Soil. *Journal of Materials Science & Nanotechnology*. 2018, 6, 1-10. ISBN 2348-9812. Pp. 4-5

La interpolación de datos dio lugar a nuevos porcentajes que se utilizaron en nuestro proyecto de investigación con respecto a la dosificación en diferentes porcentajes del Cloruro de Sodio a continuación se observó el efecto que produce el NaCl en el proctor modificado.

Tabla 7: Resumen del Proctor Modificado - NaCl

	Densidad Max. Seca (gr/cm ³)	Humedad Óptima %
0%	1.90	10.23
2%	1.92	10.31
6%	1.96	10.35
10%	2.01	10.23

Fuente: Elaboración propia

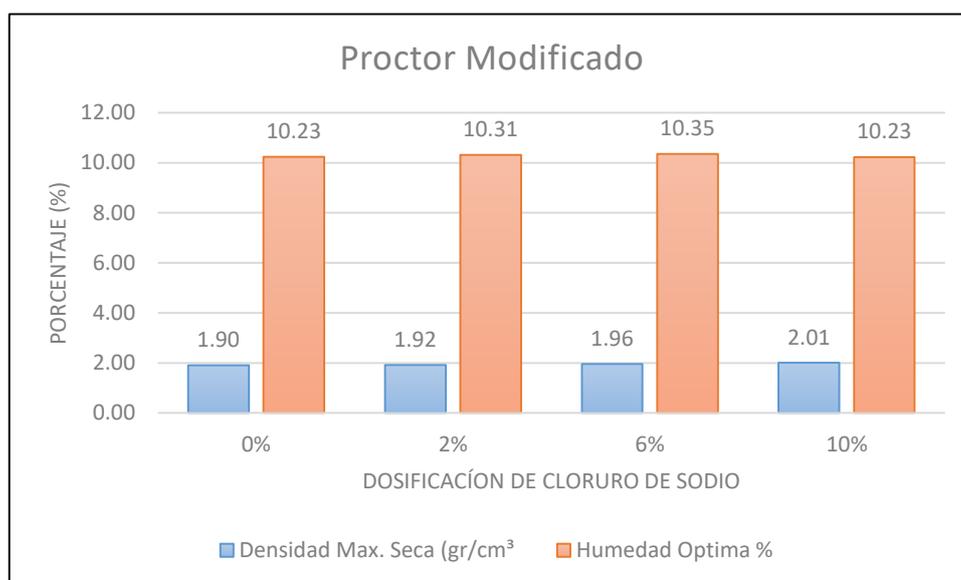


Figura 5: Proctor Modificado - NaCl

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 5 se observó el comportamiento de la densidad máxima seca, este presenta un incremento continuo cuando se le aplica mayor dosificación de NaCl. Por otro lado, la humedad óptima tiende a aumentar hasta la dosificación de 6% sin embargo en la dosificación de 10% comienza a decrecer.

Ensayo de CBR

El CBR es un parámetro importante del suelo para el diseño de pavimentos flexibles y pistas de aterrizaje. También se puede usar para la determinación de la reacción sub grada del suelo mediante el uso de correlación. Es una de las propiedades de ingeniería más importantes del suelo para el diseño de sub grados de caminos rurales. El valor de CBR del suelo puede depender de muchos factores, como la densidad máxima en seco (MDD), el contenido óptimo de humedad (OMC), el límite de líquido (LL), el límite de plástico (PL), el índice de plasticidad (PI), el tipo de suelo, la permeabilidad del suelo, etc. Además, la condición de suelo empapado o no empapado también afecta el valor.⁵²

Por otra parte, se procedió a la tabulación de la información recolectada por el método de análisis documental que corresponde al ensayo California Bearing Ratio (CBR) adicionando Cloruro de Sodio (NaCl) en diferentes dosificaciones. Los datos de la tabla 8 están debidamente validadas por sus certificados ver anexo N°17, anexo N°18, anexo N°19 y anexo N°20.

Tabla 8: Tabulación del CBR - NaCl

	CBR 0.1 (%)	CBR 0.2 (%)
0%	4.43	4.85
4%	4.50	5.01
8%	4.70	5.21
12%	4.85	5.32

Fuente: Palomino Saldaña Yelsin Edilberto

Después de conocer los datos del CBR se procedió a realizar la interpolación lineal para poner insertar nuestros datos dentro de los rangos encontrados. La fórmula de interpolación de datos y la distribución de los datos ya se dio a conocer anteriormente.

⁵² DILIP KUMAR, T. A Study of Correlation Between California Bearing Ratio (CBR) Value With Other Properties of Soil. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 2014, 4, 559-562. ISBN 2250-2459. P. 559

Tabla 9: Interpolación del CBR - NaCl

	CBR 0.1 (%)	CBR 0.2 (%)
0%	4.43	4.85
2%	4.47	4.93
4%	4.50	5.01
6%	4.60	5.11
8%	4.70	5.21
10%	4.78	5.27
12%	4.85	5.32

Fuente: Elaboración propia

La interpolación de datos dio lugar a nuevos porcentajes que se utilizaron en nuestro proyecto de investigación con respecto a la dosificación en diferentes porcentajes del Cloruro de Sodio a continuación se observó el efecto que produce el NaCl en el CBR.

Tabla 10: Resumen del CBR - NaCl

	CBR 0.1 (%)	CBR 0.2 (%)
0%	4.43	4.85
2%	4.47	4.93
6%	4.60	5.11
10%	4.78	5.27

Fuente: Elaboración propia

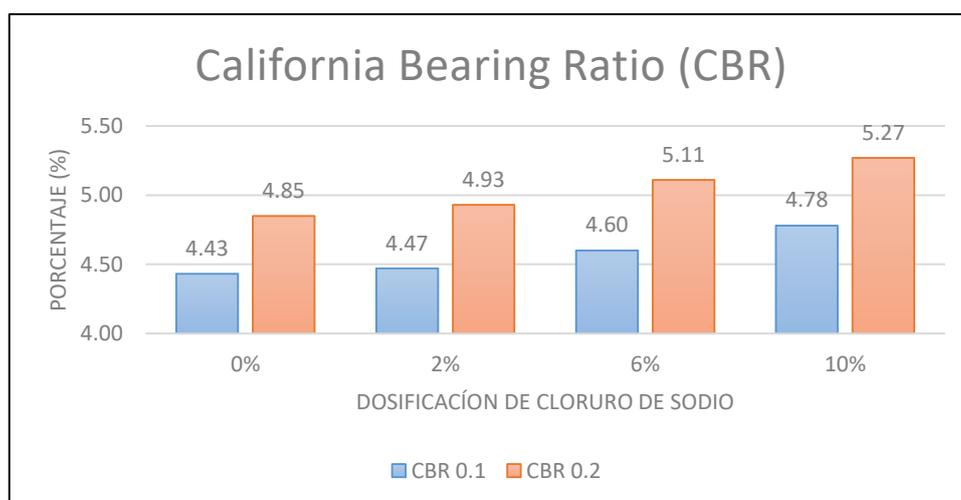


Figura 6: California Bearing Ratio CBR - NaCl

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Al ver los resultados obtenidos se pudo apreciar un aumento considerable en el CBR. Los resultados del CBR a 0.1” se inicia en 4.43% de la muestra patrón se incrementó hasta 4.78% que corresponde al resultado de la dosificación de cloruro de sodio al 10%. Así mismo los resultados del CBR a 0.2” se inicia en 4.85% de la muestra patrón incremento hasta 5.27% que corresponde al resultado de la dosificación de cloruro de sodio al 10%.

4.5. Pruebas adicionando Sistema CONSOLID

Para mejorar un suelo inestable, se utiliza la estabilización del suelo que es un método para mejorar las propiedades del suelo al mezclar este con otros materiales. Las mejoras incluyen en aumentar el peso de la unidad seca, las capacidades de soporte, los cambios de volumen para fortalecer las superficies de las carreteras y otras aplicaciones geotécnicas.⁵³ Para esta tarea se va utilizar un aditivo llamado Sistema Consolid porque muestra una gran mejora en los parámetros de CBR que ayudan a la estabilidad general del suelo.

Los ensayos que a continuación se van a analizar son los que hemos requerido en nuestra matriz (Límite de Atterberg, proctor modificado y CBR) y han sido obtenidas a través del análisis documental de la tesis de Chávez Pajuelo Rafael Antonio (2018) en su investigación titulada Estudio comparativo empleando el aditivo PROES y CONSOLID para la estabilización de suelos en caminos vecinales para obtener el título profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo realizado en el distrito de Villa Rica Provincia de Oxapampa. Los datos recolectados tienen gran similitud con los de nuestra zona de trabajo.

Límite de Atterberg

Límite Líquido: Los valores del límite líquido de los suelos son el contenido de agua que requiere para que el suelo sea líquido. El límite líquido se define como el contenido de agua específico que separa el estado líquido del estado plástico. Es necesario conocer el valor límite del líquido debido a la reducción de la resistencia en el rango líquido del suelo.⁵⁴ Límite Plástico: El límite plástico de un suelo es el contenido de agua al que hace la transición de comportamiento dúctil a

⁵³ ALI AKBAR, F. et al. Fundamentals of soil stabilization. *Firoozi et al. Geo-Engineering*. 2017, 8, 1-16. P. 2

⁵⁴ EYYÜB, K., SÜLEYMAN, D. Liquid limit determination of various sand clay mixtures by Casagrande and fall cone test methods. *ResearchGate*. 2018, 20, 361-371. P. 362

quebradizo.⁵⁵ El índice de plasticidad es el resultado de la diferencia entre el límite líquido y límite plástico.

Por otra parte, se procedió a la tabulación de la información recolectada por el método de análisis documental que corresponde a los ensayos de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad utilizando el Sistema Consolid en diferentes dosificaciones. Los datos de la tabla 11 están debidamente validadas por sus certificados ver anexo N°21, anexo N°22 y anexo N°23.

Tabla 11: Tabulación del Límite de Atterberg – Sistema Consolid

CONSOLID (%)		Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
C444	SD			
0	0	30.00	21.00	9.00
0.0045	1.50	28.00	20.00	8.00
0.0045	2.00	20.00	7.00	13.00

Fuente: Chávez Pajuelo Rafael Antonio

Ahora bien, después de conocer los datos de los ensayos se utilizó una función matemática llamada interpolación lineal para poner insertar nuestros datos dentro de los rangos encontrados.

Formula Interpolación Lineal:

$$y = y_1 + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} (y_2 - y_1)$$

Figura 7: Formula Interpolación Lineal

Fuente: Tutoriales al día ingeniería civil

Por ejemplo, para la propiedad de límite líquido se realizó una interpolación entre el 1.50% y 2.00% elegimos un número que se encuentre dentro ese rango en este caso seleccionaremos el valor de 1.75%.

⁵⁵ O'KELLY, B. C., Vardanega, P. J., Haigh, S. K. Use of fall cones to determine Atterberg limits: a review. *Géotechnique*. 2018, 68, 843-856. P. 844

Distribución de datos:

Tabla 12: Interpolación Lineal – Sistema Consolid

Interpolación lineal	
X ₁ =1.50	Y ₁ =28.00
X=1.75	Y=?
X ₂ =2.00	Y ₂ =20.00

Fuente: Elaboración propia

Estos datos se reemplazaron en la formula y se obtuvo como resultado 24.00. el mismo procedimiento se hace para hallar el resto de datos.

Resultado de la interpolación lineal:

Tabla 13: Interpolación del Límite de Atterberg – Sistema Consolid

CONSOLID (%)		Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
C444	SD			
0	0	30.00	21.00	9.00
0.0045	1.25	28.33	20.17	8.16
0.0045	1.50	28.00	20.00	8.00
0.0045	1.75	24.00	13.50	10.50
0.0045	1.90	21.60	9.60	12.00
0.0045	2.00	20.00	7.00	13.00

Fuente: Elaboración propia

La interpolación de datos dio lugar a nuevos porcentajes que se utilizaron en nuestro proyecto de investigación con respecto a la dosificación en diferentes porcentajes del Sistema Consolid a continuación se observó el efecto que produjo el Sistema Consolid en el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

Tabla 14: Resumen del Límite de Atterberg – Sistema Consolid

CONSOLID (%)		Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
C444	SD			
0	0	30.00	21.00	9.00
0.0045	1.25	28.33	20.17	8.16
0.0045	1.75	24.00	13.50	10.50
0.0045	1.90	21.60	9.60	12.00

Fuente: Elaboración propia

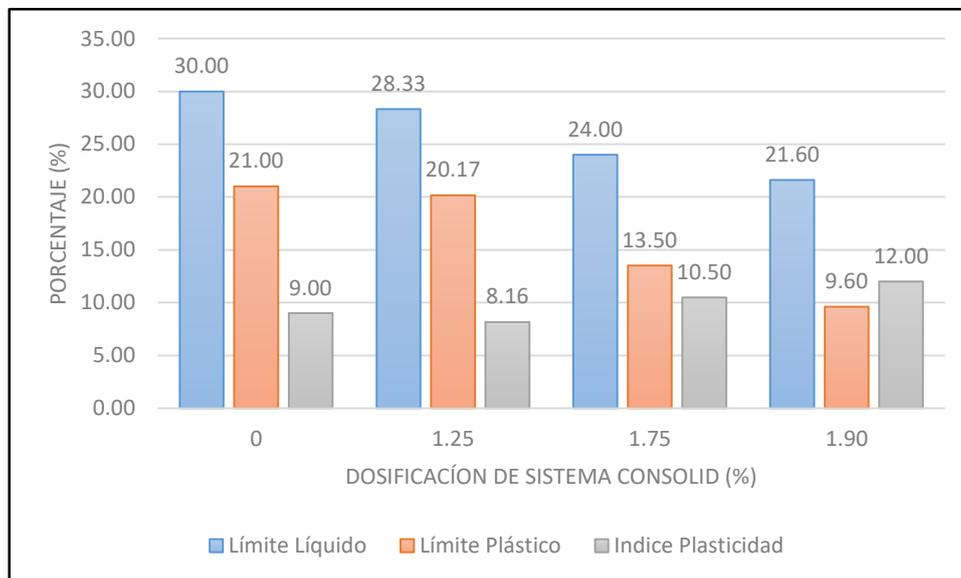


Figura 8: Límite de Atterberg – Sistema Consolid

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Como se puede apreciar en la figura 8 hay una disminución en el límite líquido y límite plástico al aumentar la dosificación del Sistema Consolid. En cuanto al índice de plasticidad podemos observar que la plasticidad del suelo disminuye hasta la dosificación 1.25%. Mientras que en las dosificaciones del 1.75% y 1.90% tiende a subir con respecto a la muestra patrón.

Proctor Modificado

El ensayo de proctor modificado, a través de la compactación nos permite conocer el contenido óptimo de húmeda y densidad máxima seca del suelo.⁵⁶

En cuando a la tabulación de la información recolectada por el método de análisis documental que corresponde al ensayo de proctor modificado utilizando el Sistema CONSOLID en diferentes dosificaciones se encuentran debidamente validadas por sus certificados ver anexo N°24, anexo N°25 y anexo N°26.

Tabla 15: Tabulación del Proctor Modificado – Sistema Consolid

CONSOLID (%)		Densidad Max. Seca (gr/cm ³)	Humedad Optima %
C444	SD		
0	0	1.83	14.50
0.0045	1.50	1.88	10.90
0.0045	2.00	1.87	12.40

Fuente: Chávez Pajuelo Rafael Antonio

Por otro lado, después de conocer los datos del proctor modificado se procedió a realizar la interpolación lineal para poner insertar nuestros datos dentro de los rangos encontrados. La fórmula de interpolación de datos y la distribución de los datos ya se mencionaron anteriormente.

Tabla 16: Interpolación del Proctor Modificado – Sistema Consolid

CONSOLID (%)		Densidad Max. Seca (gr/cm ³)	Humedad Optima %
C444	SD		
0	0	1.83	14.50
0.0045	1.25	1.87	11.50
0.0045	1.50	1.88	10.90
0.0045	1.75	1.88	11.65
0.0045	1.90	1.87	12.10
0.0045	2.00	1.87	12.40

Fuente: Elaboración propia

⁵⁶ PEDDAIAH, S., SURESH, K. Experimental Study on Effect of Gypsum and NaCl in Improvement of Engineering Properties of Clayey Soil. *International Journal of Engineering and Technology*. 2017, 9, 2771-2778. ISBN 2319-8613. P. 2773

La interpolación de datos dio lugar a nuevos porcentajes que se utilizaron en nuestro proyecto de investigación con respecto a la dosificación en diferentes porcentajes del Sistema Consolid a continuación se observó el efecto que produce el Sistema Consolid en el proctor modificado.

Tabla 17: Resumen del Proctor Modificado – Sistema Consolid

CONSOLID (%)		Densidad Max. Seca (gr/cm ³)	Humedad Optima %
C444	SD		
0	0	1.83	14.50
0.0045	1.25	1.87	11.50
0.0045	1.75	1.88	11.65
0.0045	1.90	1.87	12.10

Fuente: Elaboración propia

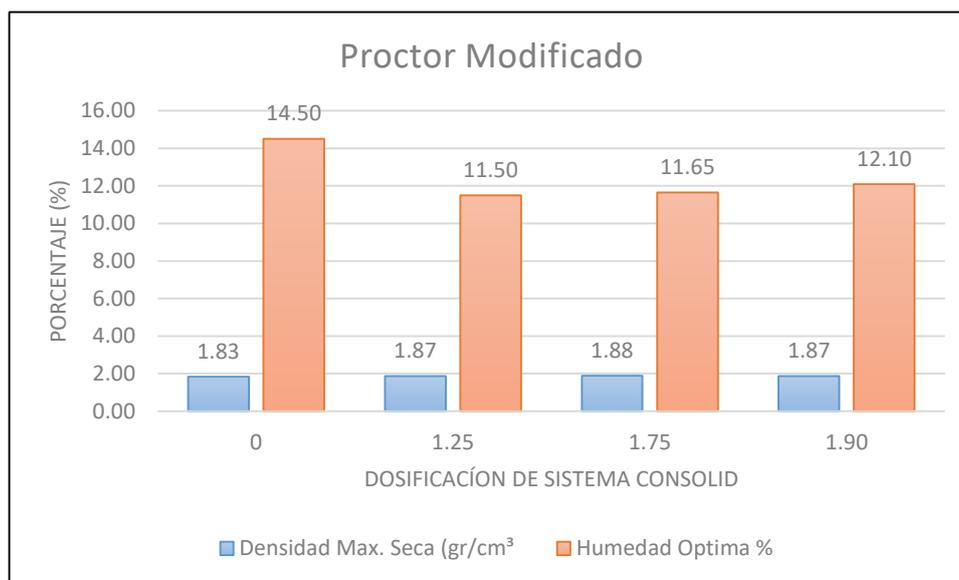


Figura 9: Proctor Modificado - Sistema Consolid

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 9 se pudo observar el comportamiento de la densidad máxima seca, este presenta un incremento continuo cuando se le aplica mayor dosificación del sistema CONSOLID. Por otro lado, la humedad óptima tiende a decrecer hasta la dosificación de 1.25% sin embargo en las dosificaciones de 1.75% y 1.90% presentan un aumento.

Ensayo de CBR

El CBR es un parámetro importante para reconocer la capacidad de soporte de las estructuras de tierra, como presas de tierra, terraplenes de carreteras, pistas de aeropuertos, estribos y pavimentos de puentes.⁵⁷

Por otra parte, se procede a la tabulación de la información recolectada por el método de análisis documental que corresponde al ensayo California Bearing Ratio (CBR) utilizando el Sistema CONSOLID en diferentes dosificaciones. Los datos de la tabla 18 están debidamente validadas por sus certificados ver anexo N°27, anexo N°28 y anexo N°29.

Tabla 18: Tabulación del CBR – Sistema Consolid

CONSOLID (%)		CBR 0.1 (%)	CBR 0.2 (%)
C444	SD		
0	0	4.50	6.50
0.0045	1.50	25.60	27.10
0.0045	2.00	36.20	48.00

Fuente: Chávez Pajuelo Rafael Antonio

Después de conocer los datos del CBR se procedió a realizar la interpolación lineal para poner insertar nuestros datos dentro de los rangos encontrados. La fórmula de interpolación de datos y la distribución de los datos ya se dio a conocer anteriormente.

Tabla 19: Interpolación del CBR – Sistema Consolid

CONSOLID (%)		CBR 0.1 (%)	CBR 0.2 (%)
C444	SD		
0	0	4.50	6.50
0.0045	1.25	22.08	23.67
0.0045	1.50	25.60	27.10
0.0045	1.75	30.90	37.55
0.0045	1.90	34.08	43.82
0.0045	2.00	36.20	48.00

Fuente: Elaboración propia

⁵⁷ BAO THACH, N., ABBAS, M. Prediction of California Bearing Ratio from Physical Properties of Fine-Grained Soils. *International Journal of Civil, Structural, Construction and Architectural Engineering*. 2015, 9, 119-124. ISBN 2319-8613. P. 119

La interpolación de datos dio lugar a nuevos porcentajes que se utilizaron en nuestro proyecto de investigación con respecto a la dosificación en diferentes porcentajes de Sistema Consolid a continuación se observó el efecto que produce el Sistema Consolid en el CBR.

Tabla 20: Resumen del CBR – Sistema Consolid

CONSOLID (%)		CBR 0.1 (%)	CBR 0.2 (%)
C444	SD		
0	0	4.50	6.50
0.0045	1.25	22.08	23.67
0.0045	1.75	30.90	37.55
0.0045	1.90	34.08	43.82

Fuente: Elaboración propia

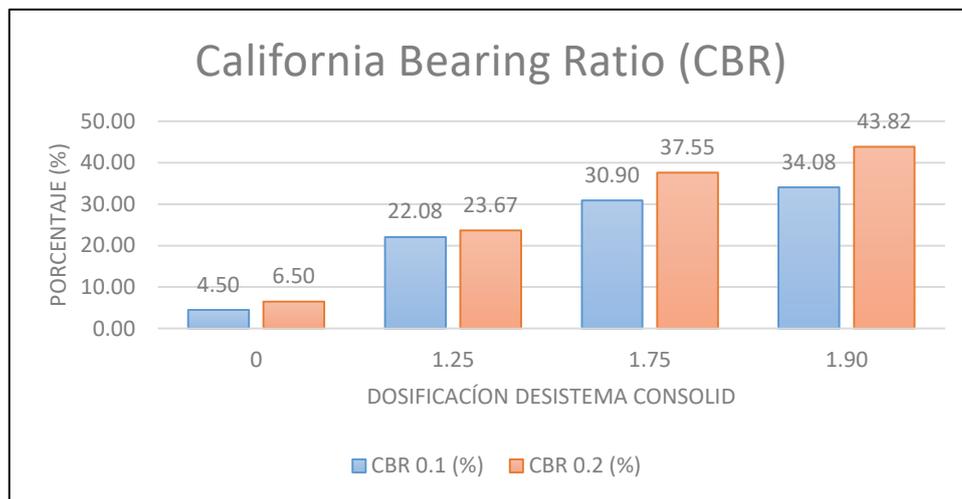


Figura 10: California Bearing Ratio CBR – Sistema Consolid

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Al ver los resultados obtenidos se pudo apreciar un aumento considerable en el CBR. Los resultados del CBR a 0.1” se inicia en 4.50% de la muestra patrón se incrementó hasta 34.08% que corresponde al resultado de la dosificación del Sistema Consolid al 1.90%. Así mismo los resultados del CBR a 0.2” se inicia en 6.50% de la muestra patrón se incrementó hasta 43.82% que corresponde al resultado de la dosificación del Sistema Consolid al 1.90%.

4.6. Costos

Partida	01.01.01	Suelo estabilizado con Cloruro de Sodio - NaCl				
Rendimiento	m ³ /Día	MO. 80.0000	EQ. 80.0000	Costo unitario directo po m ³		94.91
Descripcion del recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						4.10
Peon		hh	1.0000	0.1000	17.07	1.71
Operario		hh	1.0000	0.1000	23.93	2.39
Materiales						48.12
Agua		m ³		0.0946	1.26	0.12
Cloruro de Sodio		Kg		40.0000	1.20	48.00
Equipos						42.69
Herramientas Manuales		%MO		0.0300	4.10	0.123
Motoniveladora de 145-150 HP		hm	1	0.1000	206.28	20.63
Rodillo liso vibrador autopropulsado 101-135HP 10-12ton		hm	1	0.1000	146.08	14.61
Camion Cisterna 4X2 (agua)		hm	1	0.1000	73.33	7.33

Figura 11: Costo de estabilización de suelo con Cloruro de Sodio

Fuente: Elaboración propia

Partida	01.01.02	Suelo estabilizado con Sistema CONSOLID				
Rendimiento	m ³ /Día	MO. 80.0000	EQ. 80.0000	Costo unitario directo po m ³		123.46
Descripcion del recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						4.10
Peon		hh	1.0000	0.1000	17.07	1.71
Operario		hh	1.0000	0.1000	23.93	2.39
Materiales						76.67
Agua		m ³		0.0100	1.26	0.01
Aditivo Consolid (C444)		lt		0.0900	134.00	12.06
Aditivo Solidry (SD)		kg		38.0000	1.70	64.60
Equipos						42.69
Herramientas Manuales		%MO		0.0300	4.10	0.12
Motoniveladora de 145-150 HP		hm	1	0.1000	206.28	20.63
Rodillo liso vibrador autopropulsado 101-135HP 10-12ton		hm	1	0.1000	146.08	14.61
Camion Cisterna 4X2 (agua)		hm	1	0.1000	73.33	7.33

Figura 12: Costo de estabilización de suelo con Sistema CONSOLID

Fuente: Elaboración propia

Partida	01.01.03	Suelo estabilizado con Cemento - PROES			
Rendimiento	m³/Día	MO. 495.0000	EQ. 495.0000	Costo unitario directo po m ³	115.31
Descripcion del recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
Mano de Obra					2.65
Capataz		hh	1.0000	0.0162	27.49
Peon		hh	8.0000	0.1293	17.07
Materiales					98.26
Agua		m ³		0.0900	1.26
Material de Prestamo		m ³		1.2500	14.68
Aditivo Líquido PROES 0.28lts/m ³		lts		0.2800	196.00
Aditivo Solido Cemento I 55kg/m ³		kg		55.0000	0.45
Equipos					14.40
Herramientas Manuales		%MO		0.0500	2.65
Retroexcavadora 80-110 HP		hm	0.5	0.0081	95.00
Motoniveladora de 189-190 HP		hm	2	0.0323	198.24
Camion Cisterna 4X2 (agua)		hm	2	0.0323	73.33
Rodillo liso vibrat. Autopo. 10-12T		hm	2	0.0323	146.08

Figura 13: Costo de estabilización de suelo con PROES - Cemento

Fuente: León Fierro Kenneth Junior

V. DISCUSIÓN

5.1. Influencia del cloruro de sodio en la estabilización de suelos

De acuerdo con Fernández Riva (2018) en su trabajo de investigación utilizó el cloruro de sodio en diferentes dosificaciones para poder mejorar las propiedades del suelo. De este modo logro disminuir el índice de plasticidad y aumentar el CBR con respecto a la muestra patrón, este comportamiento ocurrió cada vez que se incrementó el porcentaje de cloruro de sodio. De esta manera demostró con estos datos que la utilización del cloruro de sodio mejoró la estabilidad del terreno. Estos resultados guardan gran similitud con los obtenidos en esta investigación ya que al aplicarle cloruro de sodio a la muestra patrón, el índice de plasticidad tiende a disminuir mientras que el CBR tiende a aumentar.

La dosificación del cloruro de Sodio influye en la mejora de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019. Los datos obtenidos de la muestra patrón fueron comparadas con varias muestras modificadas que contenían diferentes dosificaciones de cloruro de sodio. Se logró observar una mejora constante de las propiedades físicas y mecánicas del suelo a medida que se incrementaba la dosificación del cloruro de sodio.

¿Cómo influye la dosificación del cloruro de sodio en la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019? La muestra patrón del proyecto de investigación consta de los siguientes valores que se obtuvieron a través la técnica de análisis documental: tiene una clasificación CL es decir arcilla de baja plasticidad, un índice de plasticidad de 11.00%. y un CBR de 4.85%. Para poder mejorar estos valores se incorporó cloruro de sodio en dosificaciones de 2%, 6% y 10%. La dosificación que influyo mejor fue el 10% así lo podemos apreciar en el índice de plasticidad donde disminuyo hasta el 7.00% por otro lado se obtuvo un CBR que aumento a 5.27%. En pocas palabras la dosificación de cloruro de sodio mejoró la estabilización del suelo.

Al usar la técnica de análisis documental no se encontraron tesis ni expedientes técnicos con las dosificaciones planteadas inicialmente, las cuales eran 2%, 4% y 6% por lo cual se tuvo que utilizar la interpolación de esa manera se obtuvo las nuevas dosificaciones 2%, 6% y 10%.

5.2. Influencia del Sistema Consolid en la estabilización de suelos

Según Aguirre y Prado (2012) en su trabajo de investigación utilizaron el Sistema Consolid en diferentes porcentajes para poder mejorar los valores de su muestra patrón. De esta manera se observó que el CBR aumento a medida que se incrementaba la dosificación. Con estos resultados se demostró que la utilización del Sistema Consolid mejoró la estabilidad del terreno. Los resultados al utilizar el Sistema Consolid con diferentes dosificaciones son similares a los obtenidos en esta investigación donde el CBR tiende a incrementar.

La dosificación del Sistema Consolid influye en la mejora de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019. Los datos obtenidos de la muestra patrón fueron comparadas con varias muestras modificadas que contenían diferentes dosificaciones del Sistema Consolid. Se logró observar una influencia de mejoramiento en las propiedades del suelo a medida que se aplicaba el Sistema Consolid.

¿Cómo influye la dosificación del Sistema Consolid en la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019? Para poder mejorar los valores del índice de plasticidad de 9.00% y el CBR de 4.50% que corresponden a la muestra patrón se utilizó el Sistema Consolid en diferentes dosificaciones estas son: Consolid 444 a 0.0045% y Solidry a 1.25%, 1.75% y 1.90%. La dosificación que influyo mejor fue al utilizar la combinación de Consolid 444 a 0.0045% y el Solidry a 1.25%. Al usar esta dosificación se pudo disminuir el índice de plasticidad a 8.16% y por otro lado tenemos un CBR que se incrementó a 22.08%. En resumen, se puede afirmar que al utilizar el Sistema Consolid se logró mejorar la estabilización del suelo.

Al usar la técnica de análisis documental no se encontraron tesis ni expedientes técnicos con las dosificaciones planteadas inicialmente las cuales eran 0.04%, 0.10% y 0.50% del Sistema Consolid por lo cual se tuvo que utilizar la interpolación de esa manera se obtuvo las nuevas dosificaciones 0.0045%, 1.25%, 1.75% y 1.90%.

5.3. Influencia de la dosificación óptima del cloruro de sodio en el costo de la estabilización del suelo

Teniendo en cuenta a Eche y Pelaez (2019) Utilizaron el cloruro de sodio como agente estabilizador en diferentes dosificaciones. Lograron mejorar la estabilidad

del suelo al incrementar los valores del CBR con la dosificación al 2%. En este proyecto investigación también se logró mejorar la estabilidad del suelo al incrementar los valores del CBR con la dosificación al 10% de cloruro de sodio.

La dosificación óptima del Cloruro de Sodio influye en la mejora de los costos de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019. Se tomó como dosificación óptima el 10% porque presento mejores resultados para la estabilización del suelo. Al utilizar el cloruro de sodio como agente estabilizador el costo no es muy elevado en comparación con otros productos además tiene la particularidad que se encuentra disponible en varias ciudades.

¿Cómo influye la dosificación óptima del Cloruro de Sodio en los costos de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019? Luego de realizar el análisis de los datos obtenidos en la presente investigación se obtuvo como dosificación óptima la aplicación del 10% de cloruro de sodio. Como se puede apreciar en el ensayo del CBR se obtuvo 5.27% con respecto a la muestra patrón que tenía 4.85%. Se procedió a realizar el costo unitario en 1m^3 el cual tiene un costo de S/.94.91. De igual manera se utilizó el aditivo proes cuya dosificación óptima fue proes a 0.28 lts/ m^3 y cemento I 55kg/ m^3 donde se llegó a conseguir un CBR de 170.49% teniendo un CBR inicial de 18.29%. El costo unitario del 1m^3 de este producto tiene un costo de S/.115.31. Como se puede apreciar es menos costoso alcanzar la estabilización del terreno al utilizar el cloruro de sodio en comparación con el proes y cemento I ya que hay una diferencia de S/.20.4.

5.4. Influencia de la dosificación óptima del sistema consolid en el costo de la estabilización del suelo

Según Díaz García (2018) en su proyecto se utilizó el Consolid como agente estabilizador en diferentes dosificaciones. Lograron mejorar la estabilidad del suelo al incrementar los valores del CBR con la dosificación de 0.007%. En este proyecto investigación también se logró mejorar la estabilidad del suelo al incrementar los valores del CBR con la dosificación de Consolid 444 a 0.0045% y el Solidry a 1.25%.

La dosificación óptima del Sistema Consolid influye en la mejora de los costos de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019. Se tomó como dosificación óptima el Consolid 444 a 0.0045% y el Solidry a 1.25% porque presento mejores resultados para la estabilización del suelo. Al utilizar el Sistema Consolid como agente

estabilizador el costo es acorde a los aditivos encontrados en el mercado con la diferencia que el Sistema Consolid es un aditivo que incrementa el CBR, es durable y cuida el medio ambiente a la hora de estabilizar el suelo.

¿Cómo influye la dosificación óptima del Sistema Consolid en los costos de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019? La dosificación óptima del Sistema Consolid fue el Consolid 444 a 0.0045% y el Solidry a 1.25% obteniendo un CBR de 22.08% con respecto a la muestra patrón que tenía 4.50%, su costo de análisis unitario fue de S/.123.46 por 1m³. La dosificación óptima del cloruro de sodio fue el 10% obteniendo un CBR de 5.27% con respecto a muestra patrón que tenía 4.78%, su costo de análisis unitario fue de S/.94.91 por 1m³. Como se puede observar se obtuvo un gasto de más de S/.28.55 al utilizar el Sistema Consolid. Pero en el Sistema Consolid garantiza un aumento mínimo entre 3 y 5 del CBR original, también debemos considerar que el Sistema Consolid es un producto ecológico es decir no daña el medio ambiente y la durabilidad del suelo tratado tiene un tiempo de 25 y 30 años.

VI. CONCLUSIONES

Se logró evaluar la influencia de la aplicación del cloruro de sodio al mejorar la capacidad portante del terreno, ubicado en el distrito de puente piedra. Observando mejoras en las propiedades del suelo: al disminuir el índice de plasticidad y al aumentar el CBR. Al mismo tiempo se comprobó que el costo al estabilizar un 1m^3 con este producto natural es más barato que usar algún aditivo químico.

Por otro lado, al evaluar la influencia de la aplicación del Sistema Consolid se logró mejorar la capacidad portante del terreno. Observando un aumento continuo en el CBR. Con respecto el costo al estabilizar 1m^3 con este aditivo es más costoso, pero su utilización garantiza un incremento considerable en el CBR y durabilidad en el tiempo, además es un producto que no contamina el medio ambiente.

Se evaluó la influencia del cloruro de sodio en dosificaciones de 2%, 6% y 10%. Se obtuvo mejores resultados al utilizar el 10% de cloruro de sodio porque disminuyó el índice de plasticidad a 7.00% y se observó un aumento del CBR a 5.27% con respecto a la muestra patrón; entonces el mejoramiento está directamente relacionado con los porcentajes propuestos, queda comprobado que el cloruro de sodio influye en mejorar la estabilización de suelos.

Se logró evaluar la influencia del Sistema Consolid en dosificaciones de Consolid 444 a 0.0045% y Solidry a 1.25%, 1.75% y 1.90%. Se observó un mejor comportamiento al utilizar Consolid 444 a 0.0045% y Solidry a 1.25% teniendo como resultado la disminución del índice de plasticidad a 8.16% y un aumento en el CBR de 22.08% con respecto a la muestra patrón; queda comprobado que el Sistema Consolid influye en mejorar la estabilización de suelos.

Se evaluó la influencia del 10% como dosificación óptima del cloruro de sodio y se obtuvo un costo de S/.94.91 por 1m^3 . Entonces en comparación con otros productos del mercado como el proes que tiene un costo de S/.115.31 por 1m^3 resulta más económico y barato mejorar la estabilización de suelos con el cloruro de sodio.

Se logró evaluar la influencia del Consolid 444 a 0.0045% y Solidry a 1.25% como dosificación óptima del Sistema Consolid y se obtuvo un costo de S/.123.46 por 1m^3 . Entonces la utilización de este producto resulta más costosa en comparación

con el Cloruro de Sodio que tiene un costo de S/.94.91 por 1m³, pero con el Sistema Consolid se obtiene un aumento mínimo entre 3 y 5 del CBR original, durabilidad en el tiempo y preserva el medio ambiente.

VII. RECOMENDACIONES

En la presente investigación se utilizaron dosificaciones de cloruro de sodio que iban desde un 2% hasta un 10%, en todas ellas se logró la disminución del índice de plasticidad y el aumento del CBR; para continuar la Investigación recomendamos adicionar porcentajes mayores al 10% de cloruro de sodio.

En esta de investigación se utilizaron diferentes porcentajes del Sistema Consolid donde el índice de plasticidad disminuyó al combinar el Consolid 444 a 0.0045% con el Solidry a 1.25%, pero el índice de plasticidad aumento al combinar el Consolid 444 a 0.0045% con el Solidry 1.75% y 1.90%; por lo que se recomienda utilizar el Consolid 444 a 0.0045% con el Solidry a 1.25% que es el óptimo calculado que provocó una disminución del índice de plasticidad.

En la presente investigación se utilizó cloruro de sodio como agente estabilizador por ser un producto natural y de bajo costo. El cual tiene una inversión de S/.94.91 por 1m³ y un ahorro de S/.20.40 en comparación con el aditivo proes. Se recomienda utilizar el cloruro de sodio porque se observa una disminución continua del índice de plasticidad y un aumento continuo del CBR. Así mismo es de fácil acceso porque este producto se puede conseguir en cualquier ciudad.

El Sistema Consolid es un aditivo que tiene un costo de S/.123.46 por 1m³ es decir tiene un costo mayor en comparación con el cloruro de sodio. Se recomienda este aditivo a pesar que tiene una diferencia de S/.28.55 más que el cloruro de sodio porque presenta mejores cualidades como: un incremento mínimo de 3 y 5 del CBR original, tiene durabilidad en el tiempo y es ecológico.

REFERENCIAS

1. AFRIN, H. A Review on Different Types Soil Stabilization Techniques. International Journal of Transportation Engineering and Technology [en línea]. 2017, 3, 19-24 [fecha de consulta 28 noviembre 2019]. Disponible en: https://scholar.google.com.pe/scholar?as_vis=1&q=A+Review+on+Different+Types+Soil+Stabilization+Techniques&hl=es&as_sdt=0,5
2. AFRIN, H. Stabilization of Clayey Soils Using Chloride Components. American Journal of Civil Engineering [en línea]. 2017, 5, 365-370 [fecha de consulta 28 noviembre 2019]. ISBN 2330-8737. Disponible en: https://scholar.google.com.pe/scholar?q=Stabilization+of+Clayey+Soils+Using+Chloride+Components&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar
3. AGUIRRE, J. J. y PRADO, M. Estabilización de la subrasante en la vía Cuicocha – Apuela del Km 32 al Km 38, Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura, utilizando el Sistema Consolid [en línea]. Tesis titulación. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2012. [Consultado 4 octubre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/6424>
4. AKOL, A. K. Stabilization of peat soil using lime as a stabilizer [en línea]. Degree thesis. Universiti Teknologi Petronas, 2012. [Consultado 25 octubre 2019]. Disponible en: <http://utpedia.utp.edu.my/5872/1/FYP%20%28II%29%20Final%20Dessertation%20.pdf%20atem.pdf>
5. ALVAREZ ZULUAGA, M. S. Estabilización química de suelos en proyectos de infraestructura vial en Antioquia [en línea]. Tesis titulación. Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2015. [Consultado 4 octubre 2019]. Disponible en: <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/1772>
6. ALI AKBAR, F. et al. Fundamentals of soil stabilization. Geo-Engineering [en línea]. 2017, 8, 1-16 [fecha de consulta 28 noviembre 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40703-017-0064-9>
7. ARIAS, F. G. El proyecto de la investigación introducción a la metodología científica. 6ª ed. Caracas: Episteme, 2012. ISBN 980-07-8529-9
8. BAO THACH, N. y ABBAS, M. Prediction of California Bearing Ratio from Physical Properties of Fine-Grained Soils. International Journal of Civil, Structural, Construction and Architectural Engineering [en línea]. 2015, 9, 119-124 [fecha de consulta 30 octubre 2019]. ISBN 2319-8613. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.674.2360&rep=rep1&type=pdf>
9. BRAJA, M. D. Fundamentos de ingeniería geotécnica. 4ª ed. México: Cengage Learning, 2013. ISBN 978-1-111-57675-2

10. CHÁVEZ PAJUELO, R. A. Estudio Comparativo empleando el aditivo PROES y CONSOLID para la estabilización de suelos en caminos vecinales [en línea]. Tesis titulación. Universidad Cesar Vallejo, 2018. [Consultado 30 mayo 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34941>

11. CHOTLIYA, G., BHATT, K. y PARMAR, N. B. A laboratory study of thickness design of flexible pavement by the CONSOLID system in black cotton soil. International Journal of Advance Engineering and Research Development [en línea]. 2017, 4, 876-880 [fecha de consulta 28 noviembre 2019]. ISSN 2348-4470. Disponible en: http://www.ijaerd.com/papers/finished_papers/A%20laboratory%20study%20of%20thickness%20design%20of%20flexible%20pavement%20by%20the%20CONSOLID%20system%20in%20black%20cotton%20soil-IJAERDV04I0583216.pdf

12. Consolid sistema de compactación de suelos [en línea] [fecha de consulta: 15 de octubre 2019]. Disponible en: <http://globalenvironmentdevelopment.net/consolid/index.php.htm>

13. CRESPO VILLALAZ, C. Mecánica de suelos y Cimentaciones. 5ª ed. México: Limusa, 2004. ISBN 968-18-6489-1

14. DÍAZ GARCÍA, J. C. Estudio de estabilización de suelos con el sistema consolid para mejorar el camino vecinal Yántalo – C.P.M. Buenos Aires, Moyobamba – San Martín [en línea]. Tesis titulación. Universidad Cesar Vallejo, 2018. [Consultado 6 octubre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/25535>

15. DILIP KUMAR, T. A Study of Correlation Between California Bearing Ratio (CBR) Value With Other Properties of Soil. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering [en línea]. 2014, 4, 559-562 [fecha de consulta 24 junio 2020]. ISBN 2250-2459. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.643.688&rep=rep1&type=pdf>

16. DUROTOYE, T. O. et al. Effect of Common Salt on the Engineering Properties of Expansive Soil. International Journal of Engineering and Technology [en línea]. 2016, 6, 233-241 [fecha de consulta 28 noviembre 2019]. ISBN 2049-3444. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/309012936_effect_of_common_salt_on_the_engineering_properties_of_expansive_soil

17. DUBEY, P. y JAIN, R. Effect of Common Salt (Nacl) on Engineering Properties of Black Cotton Soil. International Journal of Science Technology & Engineering [en línea]. 2015, 2, 64-68 [fecha de consulta 28 noviembre 2019]. ISSN 2349-784X. Disponible en: https://www.academia.edu/15894601/Effect_of_Common_Salt_NACL_on_Engineering_Properties_of_Black_Cotton_Soil

18. ECHE OROYA, K. F. y PELAEZ LOYOLA, A. K. Estabilización de suelos de la red vial vecinal AN-876 con cloruro de sodio obtenido de diferentes salineras, Distrito de Santa – Ancash [en línea]. Tesis titulación. Universidad Cesar Vallejo, 2019. [Consultado 6 octubre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/35886?locale-attribute=en>

19. EYYÜB, K. y SÜLEYMAN, D. Liquid limit determination of various sand clay mixtures by Casagrande and fall cone test methods. ResearchGate [en línea]. 2018, 20, 361-371 [fecha de consulta 20 noviembre 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/329107290_Liquid_limit_determination_of_various_sand_clay_mixtures_by_Casagrande_and_fall_cone_test_methods

20. FERNÁNDEZ RIVA, L. Estabilización de suelos arcillosos mediante adición de cloruro de sodio (NaCl) para uso de vías terrestres estudio de casos suelos de Chachapoyas [en línea]. Tesis titulación. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 2018. [Consultado 6 octubre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1504>

21. GUTTIKONDA, R. y ABHILASH, N. Stabilization of Black Cotton Soil Using Sodium Chloride. International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology [en línea]. 2018, 4, 1-5 [fecha de consulta 28 noviembre 2019]. ISSN 2454-132X. Disponible en: <https://www.ijariit.com/manuscripts/v4i1/V4I1-1142.pdf>

22. HERNANDEZ SAMPIERI, R., FERANDEZ COLLADO, C. y BATISTA LUCIO, P. Metodología de la investigación. 6ª ed. Mexico: Mc Graw Hill Education, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0

23. HUSSAIN, S. Stabilization of expansive soil using sodium hydroxide [en línea]. degree thesis. School of applied sciences of near east university, 2019. [Consultado 25 octubre 2019]. Disponible en: <http://docs.neu.edu.tr/library/6816227773.pdf>

24. HUAMAN QUILLAHUAMAN, M. A. Mejoramiento Del Suelo Arcilloso Utilizando Geoestructuras De Geopier Para Una Edificación En La Avenida Juan Lecaros Frente Al Estadio Municipal De Puente Piedra [en línea]. Tesis titulación. Universidad Cesar Vallejo, 2018. [Consultado 28 mayo 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/30478>

25. KHUNT, K. P., MISHRA, C. B. y AMIN, A. A. Improvement in Soil Strength Using Stabilizers in Pavement. International Journal of Engineering Research & Technology [en línea]. 2014, 3, 1266-1269 [fecha de consulta 28 noviembre 2019]. ISSN 2278-0181. Disponible en: <https://www.ijert.org/research/improvement-in-soil-strength-using-stabilizers-in-pavement-IJERTV3IS031328.pdf>

26. LARREA OLIVERO, B. R. y RIVAS CAJO, J. C. Estabilización de Suelos Arcillosos con Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio [en línea]. Tesis titulación. Universidad católica de Santiago de Guayaquil, 2019. [Consultado 4 octubre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/12607/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-293.pdf>

27. LEON FIERRO, K. J. Funcionalidad del aditivo solido rocatech 70/30 como aglomerante para una base estabilizada con tecnología proes en el proyecto red vial N°3 - cusco [en línea]. Tesis titulación. Universidad continental, 2016. [Consultado 20 junio 2010]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/2918>

28. MTC - Manual de ensayos de materiales [en línea] [fecha de consulta: 17 noviembre 2019]. Disponible en: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729

29. Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento – Estudio de micro zonificación sísmica y vulnerabilidad en el distrito de puente piedra [en línea] [fecha de consulta: 30 mayo 2020]. Disponible en: <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/2698>

30. NIKHIL KUMAR, B., SMITHA, J. y UDAY, K. V. Effect of Salinity on Geotechnical Properties of Expansive Soils. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology [en línea]. 2015, 4, 6008-6015 [fecha de consulta 28 noviembre 2019]. ISSN 2319-8753. Disponible en: http://www.ijirset.com/upload/2015/july/115_36_Effect.pdf

31. O'KELLY, B. C., VARDANEGA, P. J. y HAIGH, S. K. Use of fall cones to determine Atterberg limits: a review. Géotechnique [en línea]. 2018, 68, 843-856 [fecha de consulta 28 noviembre 2019]. Disponible en: <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/pdf/10.1680/jgeot.17.R.039>

32. PALOMINO SALDAÑA, Y. E. Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice california bearing ratio (cbr) de un suelo arcilloso, Cajamarca [en línea]. Tesis titulación. Universidad Privada del Norte, 2016. [Consultado 30 mayo 2020]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/9989>

33. PEDDAIAH, S. y SURESH, K. Experimental Study on Effect of Gypsum and NaCl in Improvement of Engineering Properties of Clayey Soil. International Journal of Engineering and Technology [en línea]. 2017, 9, 2771-2778 [fecha de consulta 30 octubre 2019]. ISBN 2319-8613. Disponible en: <http://www.enggjournals.com/ijet/docs/IJET17-09-04-409.pdf>

34. RAMYA, HN., UMESHA, TS. y LATITHAMBA, HS. Effect of Sodium Chloride on Geotechnical Properties of Black Cotton Soil. Journal of Materials Science & Nanotechnology [en línea]. 2018, 6, 1-10 [fecha de consulta 28 noviembre 2019]. ISBN 2348-9812. Disponible en:

<http://www.annexpublishers.com/articles/JMSN/6302-Effect-of-Sodium-Chloride-on-Geotechnical-Properties-of-Black-Cotton-Soil.pdf>

35. SARAVANAKUMAR, K. et al. An experimental study on the soil stabilization method by adding the calcium chloride and the sodium chloride. International journal of current engineering and scientific research [en línea]. 2019, 6, 119-124 [fecha de consulta 28 noviembre 2019]. ISBN 2394-0697. Disponible en: <http://troindia.in/journal/ijcesr/vol6iss3/119-124.pdf>
36. SINAN COBAN, H. The use of lime sludge for soil stabilization [en línea]. Degree thesis. Iowa State University, 2017. [Consultado 25 octubre 2019]. Disponible en: <https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=6509&context=etd>
37. Scribd sistema CONSOLID preguntas y respuestas [en línea] [fecha de consulta: 28 mayo 2020]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/357358474/Sistema-Consolid-Preguntas-y-Respuestas>
38. SWETHA KOLAVENTI, S., GOKUL VENIGALLA, S. y RAKESH, D. Stabilization of Black Cotton Soil using Salts and Their Comparative Analysis. International Journal of Engineering Development and Research [en línea]. 2016, 4, 797-800 [fecha de consulta 28 noviembre 2019]. ISSN 2321-9939. Disponible en: <https://www.ijedr.org/papers/IJEDR1602141.pdf>
39. TAILOR, R. M. y SHAH. N. C. applications of innovative materials for performance improvement of flexible pavement over expansive subgrade. Int. J. of geomate [en línea]. 2015, 8, 1197-1202 [fecha de consulta 28 noviembre 2019]. ISSN 2186-2990. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/33d2/604b2bdd60badd035c298d142069c7ac469a.pdf>
40. TIQUE, J. C. et al. Comparación del rendimiento de dos agentes químicos en la estabilización de un suelo arcilloso. ESPACIO I+D, Innovación más Desarrollo [en línea]. 2019, 8, 55-68 [fecha de consulta 28 noviembre 2019]. ISBN 2007-6703. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/333542201_Comparacion_del_rendimiento_de_dos_agentes_quimicos_en_la_estabilizacion_de_un_suelo_arcilloso
41. VALDERRAMA MENDOZA, S. Pasos para elaborar proyectos de investigación Cuantitativa, Cualitativa y Mixta. 10ª ed. Lima: San Marcos, 2019. ISBN 978-612-302-878-7
42. Wan, X. et al. An experimental study of salt expansion in sodium saline soils under transient conditions. Science Press [en línea]. 2017, 9, 865-878 [fecha de consulta 28 noviembre 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40333-017-0029-z>

ANEXO N°1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Título: Estudio de la estabilización de suelos para mejorar su capacidad portante aplicando Cloruro de Sodio y Sistema Consolid – Puente Piedra 2019

VAR	VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
V.I	Cloruro de Sodio	El cloruro de sodio es un compuesto químico que tiene la forma de cristales y se consigue de manera sencilla en los mercados. ⁵⁸	La aplicación de Cloruro de Sodio en dosificaciones de 2%, 6% y 10% influyen en las propiedades físicas, mecánicas y en el costo al lograr la estabilización de suelos.	D1: Dosificación	I1: 2%	Balanza
					I2: 6%	Balanza
					I3: 10%	Balanza
	Sistema Consolid	El Sistema CONSOLID es un compuesto químico que se utiliza para mejorar las propiedades del suelo. ⁵⁹	Al adicionar el Sistema Consolid en dosificaciones de C444 a 0.0045% y SD a 1.25%, 1.75% y 1.90% influyen en las propiedades físicas, mecánicas y en el costo al conseguir estabilización de suelos.	D2: Dosificación	I4: 0.0045%	Balanza
I5: 1.25%	I6: 1.75%	Balanza				
I7: 1.90%	Balanza					
V.D	Estabilización de suelos	La estabilización del suelo se refiere al procedimiento en el que se agrega un material de cementación u otros materiales químicos a un suelo natural para mejorar una o más de sus propiedades. ⁶⁰	La estabilización de suelos se conseguirá al agregar por separado el cloruro de sodio y Sistema Consolid en diferentes dosificaciones al mejorar las propiedades físicas: clasificación de suelos, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad. También las mecánicas: densidad máxima seca, humedad óptima y la capacidad portante. Los cuales se determinarán con los ensayos: Análisis granulométrico, límite de Atterberg y proctor modificado y CBR. Además la utilización de estos productos influyen en el costo de la estabilización de suelos	D3: Propiedades Físicas	I8: Clasificación del suelo	Análisis granulométrico
					I9: Limite liquido	Límite de Atterberg
					I10: Limite plástico	
					I11: Índice de plasticidad	
				D4: Propiedades Mecánicas	I12: Densidad máxima seca	Ensayo de proctor modificado
					I13: Humedad Óptima	
					I14: Capacidad portante	Ensayo de CBR
D5: Costo	I15: Directo	Hoja de Calculo				

Fuente: Elaboración propia

⁵⁸ DUBEY, P. Y JAIN, R. Effect of Common Salt (NaCl) on Engineering Properties of Black Cotton Soil. *International Journal of Science Technology & Engineering*. 2015, 2, 64-68. ISSN 2349-784X. P.65.

⁵⁹ Consolid sistema de compactación de suelos [en línea] [fecha de consulta: 15 de octubre 2019]. Disponible en: <http://globalenvironmentdevelopment.net/consolid/index.php.htm>

⁶⁰ AFRIN, H. Stabilization of Clayey Soils Using Chloride Components. *American Journal of Civil Engineering*. 2017, 5, 365-370. ISBN 2330-8737. P.365.

ANEXO N°2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: Estudio de la estabilización de suelos para mejorar su capacidad portante aplicando Cloruro de Sodio y Sistema Consolid – Puente Piedra 2019

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables, dimensiones e instrumentos				Tipo y diseño de investigación	
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	V.I.				Tipo: Aplicada. Diseño: Experimental. Nivel: Explicativo. Enfoque: Cuantitativo. Población: Es el Estudio de la estabilización de suelos en el distrito de Puente Piedra. Muestra: Se utilizarán 84 especímenes los cuales dependiendo del ensayo se usarán moldes de cilindro donde se realizarán la aplicación de las diferentes dosificaciones. Muestreo: Es no probabilístico. Unidad de análisis: Es el estudio de las estabilización de suelos.	
Problema específico	Objetivo específico	Hipótesis específico	Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumento		
¿Cómo influye el estudio de la estabilización de suelos en la mejora de su capacidad portante aplicando Cloruro de Sodio y Sistema Consolid - Puente Piedra 2019?	Evaluar como el estudio de la estabilización de suelos influye en la mejora de su capacidad portante aplicando Cloruro de Sodio y Sistema Consolid -Puente Piedra 2019.	El estudio de la estabilización de suelos influye en la mejora de su capacidad portante aplicando Cloruro de Sodio y Sistema Consolid - Puente Piedra 2019.	Cloruro de Sodio	D1: Dosificación	I1: 2%	Balanza		
					I2: 6%			
					I3: 10%			
			Sistema Consolid	D2: Dosificación	I4: 0.0045%	Balanza		
					I5: 1.25%			
					I6: 1.75%			
					I7: 1.90%			
Problema específico	Objetivo específico	Hipótesis específico	V.D.					
¿Cómo influye la dosificación del Cloruro de Sodio en la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019?	Evaluar como la dosificación del Cloruro de Sodio influye en la mejora de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019.	La dosificación del Cloruro de Sodio influye en la mejora de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019.	Estabilización de suelos	D3: Propiedades Físicas	I8: Clasificación del suelo	Análisis granumétrico		
¿Cómo influye la dosificación del Sistema Consolid en la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019?	Evaluar como la dosificación del Sistema Consolid influye en la mejora de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019.	La dosificación del Sistema Consolid influye en la mejora de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019.					I9: Limite liquido	Límite de Atterberg
							I10: Limite plástico	
							I11: Índice de plasticidad	
¿Cómo influye la dosificación óptima del Cloruro de Sodio en los costos de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019?	Evaluar como la dosificación óptima del Cloruro de Sodio influye en la mejora de los costos de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019.	La dosificación óptima del Cloruro de Sodio influye en la mejora de los costos de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019.				D4: Propiedades Mecánicas	I12: Densidad máxima seca	Ensayo de proctor Modificado
								I13: Humedad Óptima
								I14: Capacidad portante
¿Cómo influye la dosificación óptima del Sistema Consolid en los costos de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019?	Evaluar como la dosificación óptima del Sistema Consolid influye en la mejora de los costos de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019.	La dosificación óptima del Sistema Consolid influye en la mejora de los costos de la estabilización de suelos - Puente Piedra 2019.				D5: Costo	I15: Directo	Hoja de calculo

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°3: Sistema de clasificación AASHTO

Clasificación General	Suelos Granulares ($\leq 35\%$ pasa 0,08 mm)						Suelos Finos ($> 35\%$ Bajo 0,08 mm)				
Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Sub-Grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*				A-7-5**
2 mm	≤ 50										A-7-6**
0,5 mm	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
0,08 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35				36			
W _L				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
IP	≤ 6	NP		≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Descripción	Gravas y Arenas		Arena Fina	Gravas y Arenas Limosas Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
** A-7-5: $IP \leq (W_L - 30)$						** A-7-6: $IP > (W_L - 30)$					
Si el suelo es NP \rightarrow IG = 0; Si IG < 0 \rightarrow IG = 0											

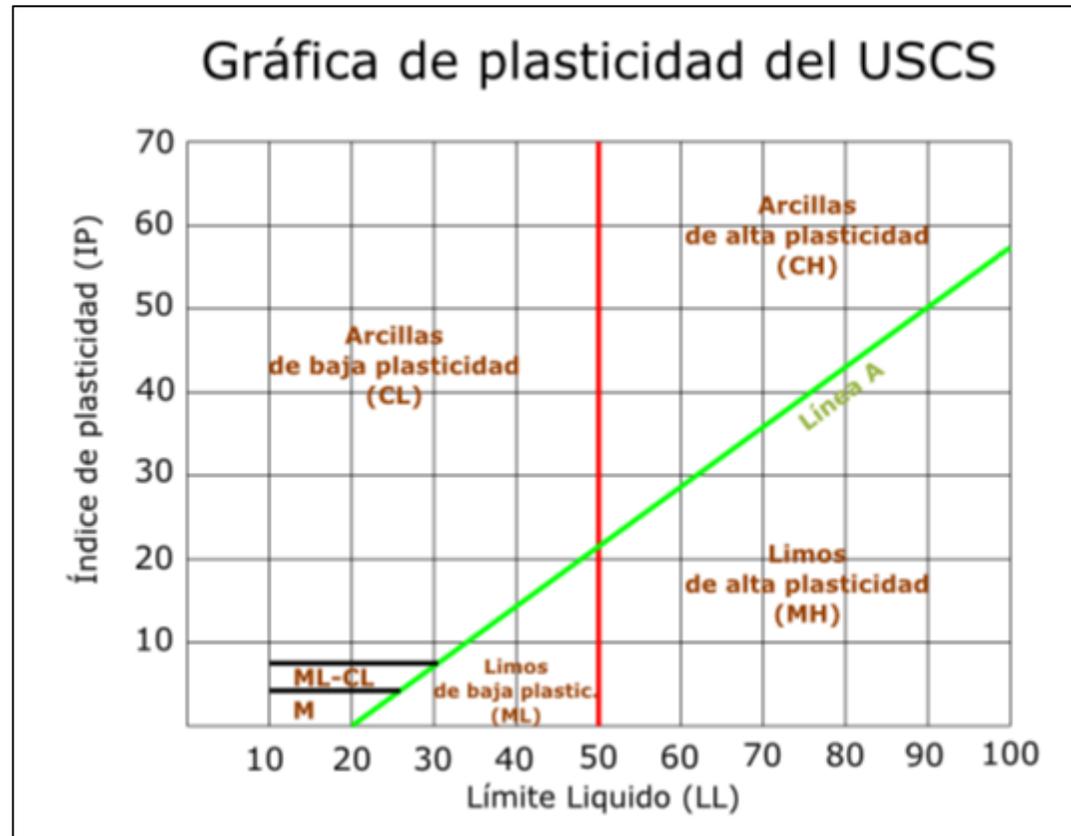
Fuente: MTC - Manual de ensayos de materiales

ANEXO N°4: Sistema Unificado de clasificación - SUCS

DIVISION MAYOR		GRUPO SIMBOLOS	DESCRIPCION	CRITERIO DE CLASIFICACION DEL LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO Mas de la mitad del material es mayor que el tamiz N° 200	GRAVAS (Mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 4)	GRAVA LIMPIA (Poco o ningún Finos)	GW	Grava bien graduado o mezcla de arena y grava. Poco o ningunos finos.	Determinar el porcentaje de arena y grava de la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción menor que el tamiz N° 200), los suelos de grano grueso y de grano fino se clasifican así: Menos del 5% ----- GW, GP, SW, SP Más del 12% ----- GP, SW, SP 5% AL 12% ----- caso límite usar los dos símbolos ** GM, GC, SM, SC.	
			GP	Grava mal graduado o mezcla de grava y arena. Poco o ningunos finos.		
		GRAVA CON FINAS (Apreciable cantidad de finos)	GM	d		Grava con finos, grava mal graduado muy limoso. Mezcla grava, arena y arcilla.
				u		
	ARENAS (Mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 200)	ARENA LIMPIA (Poco o ningún finos)	SW	GC		Mezcla bien graduado de grava, arena y arcilla. Excelente aglutinante.
				SC		Arena bien graduada y arena gravilosa. Poco o ningunos finos.
		ARENA CON FINOS (Apreciable cantidad de finos)	SM	SP		Arena mal graduado. Arena gravilosa. Poco o ningunos finos.
				d		Arena con finos. Arena muy limoso. Mal graduado mezcla arena y arcilla.
		ARENA CON FINOS (Apreciable cantidad de finos)	SU	u		Arena con finos. Arena muy limoso. Mal graduado mezcla arena y arcilla.
				SC		Mezcla bien graduado arena y arcilla. Excelente aglutinante.
SUELOS DE GRANO FINO Mas de la mitad del material es menor que el tamiz N° 200	LIMO Y ARCILLA (Límite líquido es menor de 50)	ML	Limos inorgánico y arena muy fina. Polvo roca. Arena fino con ligera plasticidad.			
		CL	Arcilla inorgánica de baja o medias plasticidad. Arcilla arenosa. Arcilla gravilosa. Arcilla limosa. Arcilla floja.			
		OL	Limos. Orgánico. Limos – arcilla orgánico de baja plasticidad.			
	LIMO Y ARCILLA (Límite líquido es menor de 50)	MH	Limos inorgánicos, arena fina micáceo o diamatáceo o suelo limoso, suelo elástico.			
		CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad. Arcillas grasas.			
		OH	Arcilla orgánica de media o alta plasticidad.			
	Suelos altamente orgánico		PT	Turba (pect) y otros materiales altamente orgánicos.		
				$C_u = \frac{D_{60 \text{ mayor que } 4}}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_3)^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ entre } 1 \text{ y } 3$ No reúne los requisitos de granulometría para GW		
			Límites de Atterberg bajo la línea "A" o I.P. menor de 4 Caso de estar sobre la línea "A" con I.P. entre 4 y 7; estamos en un caso "límite", y usarse los dos símbolos			
			Límites de Atterberg sobre la línea "A" o I.P. mayor 7 $C_u = \frac{D_{60 \text{ mayor que } 6}}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_{10})^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ entre } 1 \text{ y } 3$ No reúne los requisitos de granulometría para SW			
			Límites de Atterberg la línea "A" o I.P. menor de 4 Las líneas trazadas en la zona rayada con I.P. entre 4 y 7 son casos límite y deben usarse los dos símbolos.			
			Límites de Atterberg sobre la línea "A" o I.P. mayor de 7			

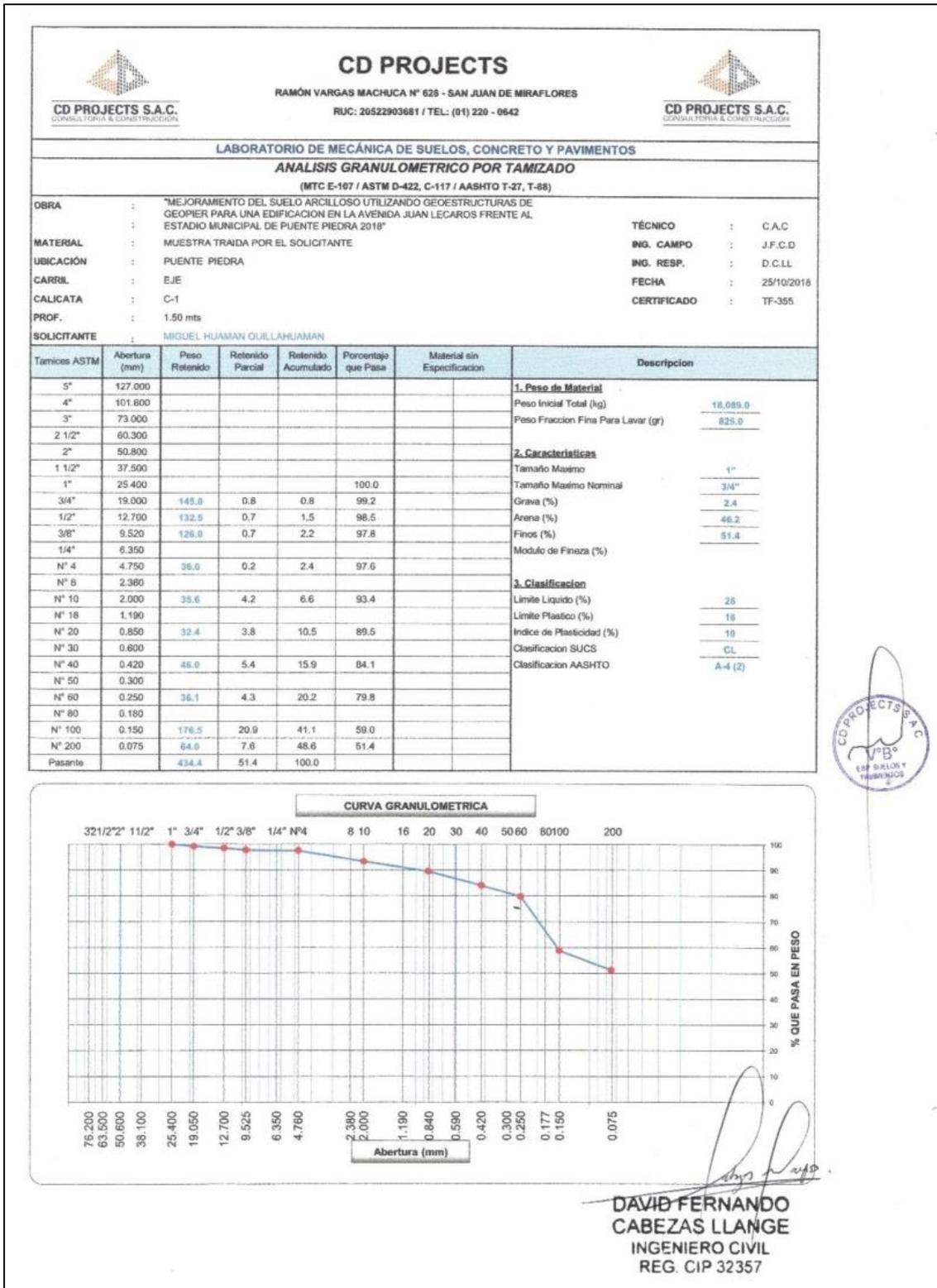
Fuente: MTC - Manual de ensayos de materiales

ANEXO N°5: Carta de plasticidad - SUCS



Fuente: Wikipedia

ANEXO N°6: Análisis Granulométrico por Tamizado

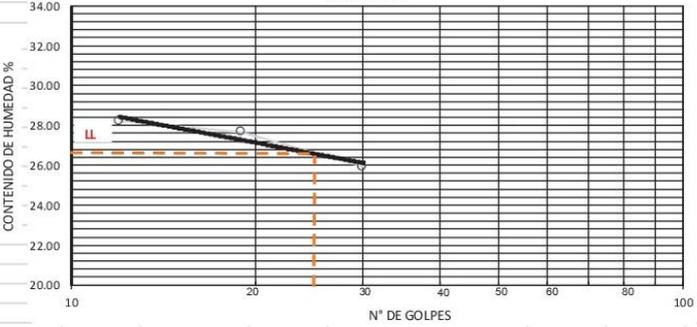


Huamán Quillahuaman, M. A. (2018), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado "Mejoramiento Del Suelo Arcilloso Utilizando Geoestructuras De Geopier Para Una Edificación En La Avenida Juan Lecaros Frente Al Estadio Municipal De Puente Piedra", de la universidad Cesar Vallejo.

ANEXO N°8: Revisión de instrumentos

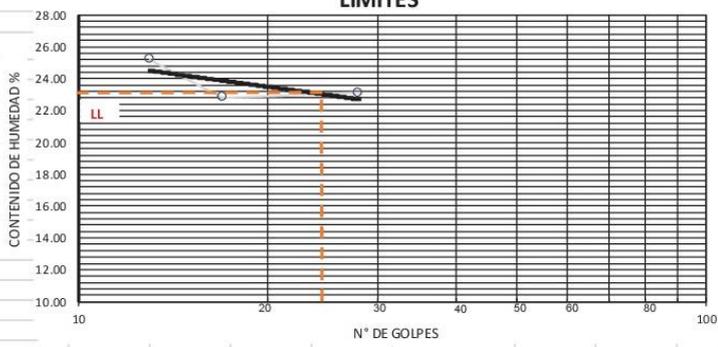
ENSAYOS		MTC	NORMA APLICABLE
Límite de Atterberg	Límite Líquido Límite Plástico Índice de Plasticidad	MTC E 110 MTC E 111	NTP 339.129 (ASTM D4318)
Proctor Modificado		MTC E 115	NTP 339.141 (ASTM D1557)
Ensayo de CBR		MTC E 132	NTP 339.145 (ASTM D1883)

ANEXO N°9: Instrumento de recolección de datos - Límite de Atterberg 0%

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LÍMITE LIQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO		NTP 339.129 (ASTM D 4318)		
	Nombre de investigación:		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016		
	Investigador:		Yelsin Palomino Saldaña		PROTOCOLO
	Fecha:		Mayo del 2015		N°: 3
Horas de trabajo:		De:	11.15 am	Hata:	3.00 pm
				Hoja:	1
				De:	1
INFORMACION GENERAL					
LÍMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE MUESTRA 0% NaCl					
TIPO DE MATERIAL:	Arcilla				
CANTERA:	Santa Barbara				
PROPIETARIO:	Alberto Schez Rodriguez				
CANTIDAD DE MUESTRA:	200 gr				
DATOS	LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Wt (gr)	26.80	26.90	27.40	37.90	27.30
Wmh+t(gr)	42.70	38.90	41.00	56.30	47.20
Wms+t(gr)	39.20	36.30	38.20	53.80	44.50
Ww(gr)	3.50	2.60	2.80	2.50	2.70
Wms(gr)	12.40	9.40	10.80	15.90	17.20
W%	28.23	27.66	25.93	15.72	15.70
N° DE GOLPES	12.00	19.00	30.00		
LL-LP	27.00%			16.00%	
INDICE DE PLASTICIDAD	11.00%				
LIMITES					
					
OBSERVACIONES - COMENTARIO					
APROBACIÓN					
Coordinador de Laboratorio		Asesor de Tesis		Investigador	
Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán	Nombre:	Dr. Ing. Rosa Uique Mondragón	Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña
Firma:		Firma:		Firma:	
		Director de Carrera			
		Nombre:		Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga	
		Firma:			
Palomino Saldaña; Yelsin Edilberto					
Pág. 63					

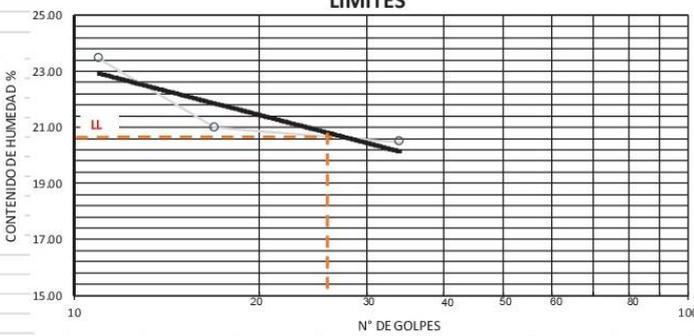
Palomino Saldaña, Y. E. (2016), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado "Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice california bearing ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca", de la universidad Privada del Norte.

ANEXO N°10: Instrumento de recolección de datos - Límite de Atterberg 4%

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO		NTP 339.129 (ASTM D 4318)		
	Nombre de investigación:		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016		
	Investigador:		Yelsin Palomino Saldaña		PROTOCOLO
	Fecha:		Mayo del 2015		N°: 4
Horas de trabajo:		De: 11.15 am	Hata: 3.00 pm	Hoja 1	De: 1
INFORMACION GENERAL					
LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO DE MUESTRA CON 4% NaCl					
TIPO DE MATERIAL :	Arcilla				
CANTERA :	Santa Barbara				
PROPIETARIO :	Alberto Sahez Rodrigues				
CANTIDAD DE MUESTRA:	200gr				
DATOS		LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO	
Wt (gr)	27.80	27.80	27.30	27.20	27.50
Wmh+t(gr)	44.20	41.80	44.90	38.80	39.80
Wms+t(gr)	40.90	39.20	41.60	37.00	38.60
Ww(gr)	3.30	2.60	3.30	1.80	1.20
Wms(gr)	13.10	11.40	14.30	9.80	11.10
W%	25.19	22.81	23.08	18.37	10.81
N° DE GOLPES	13.00	17.00	28.00		
LL-LP	24.00%		15.00%		
INDICE DE PLASTICIDAD	9.00%				
LIMITES					
					
OBSERVACIONES - COMENTARIO					
APROBACIÓN					
Coordinador de Laboratorio		Asesor de Tesis		Investigador	
Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán	Nombre:	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña
Firma:		Firma:		Firma:	
				Director de Carrera	
				Nombre:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
				Firma:	
Palomino Saldaña; Yelsin Edilberto				Pág. 64	

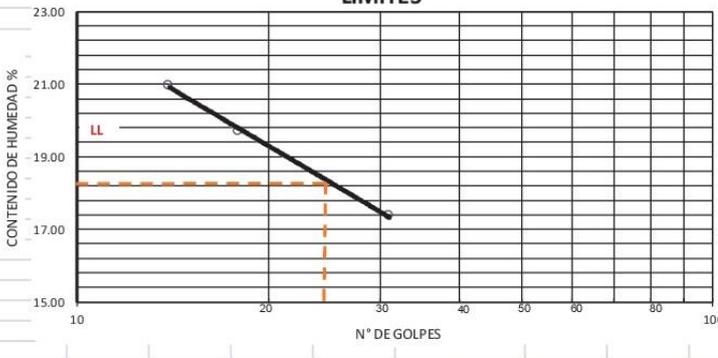
Palomino Saldaña, Y. E. (2016), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado "Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice california bearing ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca", de la universidad Privada del Norte.

ANEXO N°11: Instrumento de recolección de datos - Límite de Atterberg 8%

	LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO		NTP 339.129 (ASTM D 4318)			
	Nombre de investigación:		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016			
	Investigador:		Yelsin Palomino Saldaña		PROTOCOLO	
	Fecha:		Mayo del 2015		N°: 5	
	Horas de trabajo:		De: 11.15 am	Hasta: 3.00 pm	Hoja: 1	De: 1
INFORMACION GENERAL						
LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO DE MUESTRA CON 8% NaCl						
TIPO DE MATERIAL:		Arcilla				
CANTERA:		Santa Barbara				
PROPIETARIO:		Alberto Schez Rodriguez				
CANTIDAD DE MUESTRA:		200 gr				
DATOS		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
Wt (gr)	27.50	27.00	28.50	26.80	26.60	
Wmh+t(gr)	45.40	44.30	49.10	41.60	41.20	
Wms+t(gr)	42.00	41.30	45.60	39.80	39.40	
Ww(gr)	3.40	3.00	3.50	1.80	1.80	
Wms(gr)	14.50	14.30	17.10	13.00	12.80	
W%	23.45	20.98	20.47	13.85	14.06	
N° DE GOLPES	11.00	17.00	34.00			
LL-LP	22.00 %			14.00 %		
INDICE DE PLASTICIDAD	8.00 %					
LIMITES						
						
OBSERVACIONES - COMENTARIO						
APROBACIÓN						
Coordinador de Laboratorio		Asesor de Tesis		Investigador		
Nombre: Sr. Victor Cuzco Minchán	Nombre: Dr. Ing. Rosa Lique Mondragón	Nombre: Yelsin Palomino Saldaña	Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga			
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:			

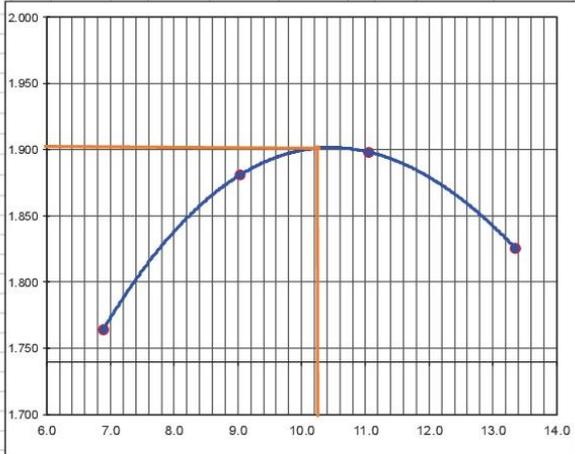
Palomino Saldaña, Y. E. (2016), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado "Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice california bearing ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca", de la universidad Privada del Norte.

ANEXO N°12: Instrumento de recolección de datos - Límite de Atterberg 12%

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016					
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO		NTP 339.129 (ASTM D 4318)				
	Nombre de investigación:		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016				
	Investigador:		Yelsin Palomino Saldaña	PROTOCOLO			
	Fecha:		Mayo del 2015	N° : 6			
	Horas de trabajo: De:		11.15 am	Hata:	3.00 pm		
			Hoja	1	De:	1	
INFORMACION GENERAL							
LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO DE MUESTRA CON 12% NaCl							
TIPO DE MATERIAL :		Arcilla					
CANTERA :		Santa Barbara					
PROPIETARIO :		Alberto Schez Rodrigues					
CANTIDAD DE MUESTRA:		200 gr					
DATOS	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
Wt (gr)	26.90	28.50	27.20	27.10	26.50		
Wmh+t(gr)	47.10	44.30	44.10	39.60	39.90		
Wms+t(gr)	43.60	41.70	41.60	38.10	38.40		
Ww(gr)	3.50	2.60	2.50	1.50	1.50		
Wms(gr)	16.70	13.20	14.40	11.00	11.90		
W%	20.96	19.70	17.36	13.64	12.61		
N° DE GOLPES	14.00	18.00	31.00				
LL-LP	19.00 %			13.00 %			
INDICE DE PLASTICIDAD	6.00 %						
LIMITES							
							
OBSERVACIONES - COMENTARIO							
APROBACIÓN							
Coordinador de Laboratorio		Asesor de Tesis		Investigador		Director de Carrera	
Nombre:	Sr. Victor Cuzco Minchán	Nombre:	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña	Nombre:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:	

Palomino Saldaña, Y. E. (2016), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado "Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice california bearing ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca", de la universidad Privada del Norte.

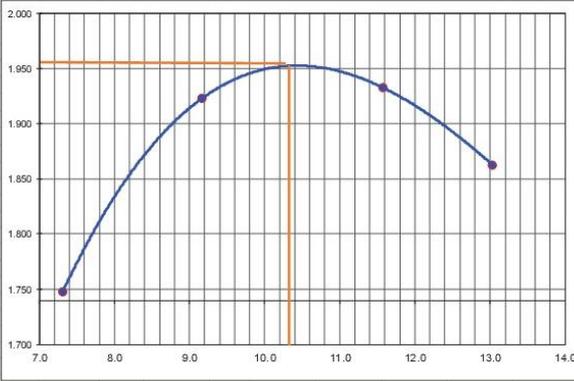
ANEXO N°13: Instrumento de recolección de datos - Proctor Modificado 0%

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016											
	PROCTOR MODIFICADO											
NTP 339.141 (ASTM D 1557)												
Nombre de investigación: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016												
Investigador: Yelsin Edilberto Palomino Saldaña												
Fecha: Junio del 2015												
Horas de trabajo: De: 07:00 a.m. Hasta: 06:45 p.m.												
PROTOCOLO N°: 11												
Hoja: 1 de: 1												
INFORMACION GENERAL												
TIPO DE MATERIAL: Arcilla												
CANTERA: Santa Barbara												
PROPIETARIO: Alberto Sanchez Rodriguez												
CANTIDAD DE MUESTRA: 30000 gr												
PROCTOR MODIFICADO 0% NaCl												
MOLDE N°	MOLDE N°1	MOLDE N°2	MOLDE N°3	MOLDE N°4								
PESO MOLDE	4162.00	4162.00	4162.00	4162.00								
Pmh+Molde	5930.00	6084.00	6138.00	6102.00								
Pmh (gr)	1768.00	1922.00	1976.00	1940.00								
Vmh(cm3)	937.38	937.38	937.38	937.38								
Dh(gr/cm3)	1.886	2.050	2.108	2.070								
Recipiente N°	a	b	c	d	e	f	g	h				
Pt(gr)	27.20	69.40	25.90	27.00	27.40	27.00	27.30	27.90				
Pmh+t(gr)	131.80	277.50	118.20	82.50	74.40	93.10	98.00	114.20				
Pms+t(gr)	125.40	263.40	110.40	78.00	70.10	86.00	89.70	104.00				
Pw(gr)	6.40	14.10	7.80	4.50	4.30	7.10	8.30	10.20				
Pms(gr)	98.20	194.00	84.50	51.00	42.70	59.00	62.40	76.10				
W(%)	6.52	7.27	9.23	8.82	10.07	12.03	13.30	13.40				
Wprom (%)	6.893		9.027		11.052		13.352					
Ds(gr/cm3)	1.764		1.881		1.898		1.826					
												
<table border="1" style="margin-left: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)</td> <td style="text-align: center;">1.900</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">HUMEDAD OPTIMA</td> <td style="text-align: center;">10.232</td> </tr> </table>									DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	1.900	HUMEDAD OPTIMA	10.232
DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	1.900											
HUMEDAD OPTIMA	10.232											
OBSERVACIONES - COMENTARIO												
APROBACIÓN												
Coordinador de Laboratorio: Sr. Víctor Cuzco Minchán			Asesor de Tesis: Dr. Ing. Rosa Lique Mondragón			Investigador: Yelsin Palomino Saldaña			Director de Carrera: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga			
Firma:			Firma:			Firma:			Firma:			
Palomino Saldaña; Yelsin Edilberto						Pág. 71						

Palomino Saldaña, Y. E. (2016), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado “Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice california bearing ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca”, de la universidad Privada del Norte.

ANEXO N°15: Instrumento de recolección de datos - Proctor Modificado 8%

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016							
	PROCTOR MODIFICADO	NTP 339.141 (ASTM D 1557)						
Nombre de investigación: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016		PROTOCOLO N°: 13						
Investigador: Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		Hoja: 1 de 1						
Fecha: Julio del 2015								
Horas de trabajo: De: 07:00 a.m. Hasta: 6.40 pm								
INFORMACION GENERAL								
TIPO DE MATERIAL: Arcilla								
CANTERA: Santa Barbara								
PROPIETARIO: Alberto Sanchez Rodriguez								
CANTIDAD DE MUESTRA: 30000 gr								
PROCTOR MODIFICADO 8% NaCl								
MOLDE N°	MOLDE N°1	MOLDE N°2	MOLDE N°3	MOLDE N°4				
PESO MOLDE	4162.00	4162.00	4162.00	4162.00				
Pmh+Molde	5890.00	6095.90	6148.80	6102.00				
Pmh (gr)	1728.00	1933.90	1986.80	1940.00				
Vmh(cm3)	921.36	921.36	921.36	921.36				
Dh(gr/cm3)	1.875	2.099	2.156	2.106				
Recipiente N°	a	b	c	d	e	f	g	h
Pt(gr)	27.10	28.00	27.00	27.00	27.10	27.80	28.20	27.10
Pmh+Pt(gr)	203.40	184.80	212.70	185.60	199.50	207.90	204.00	201.70
Pms+Pt(gr)	191.30	174.20	197.10	172.30	182.80	188.00	183.30	182.00
Pw(gr)	12.10	10.60	15.60	13.30	16.70	19.90	20.70	19.70
Pms(gr)	164.20	146.20	170.10	145.30	155.70	160.20	155.10	154.90
W(%)	7.37	7.25	9.17	9.15	10.73	12.42	13.35	12.72
Wprom (%)	7.310		9.162		11.574		13.032	
Ds(gr/cm3)	1.748		1.923		1.933		1.863	



DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	1.971
HUMEDAD OPTIMA	10.302

OBSERVACIONES - COMENTARIO			
APROBACIÓN			
Coordinador de Laboratorio Nombre: Sr. Victor Cuzco Minchán	Asesor de Tesis Nombre: Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	Investigador Nombre: Yelsin Palomino Saldaña	Director de Carrera Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____

Palomino Saldaña; Yelsin Edilberto
Pág. 73

Palomino Saldaña, Y. E. (2016), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado “Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice california bearing ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca”, de la universidad Privada del Norte.

ANEXO N°16: Instrumento de recolección de datos - Proctor Modificado 12%

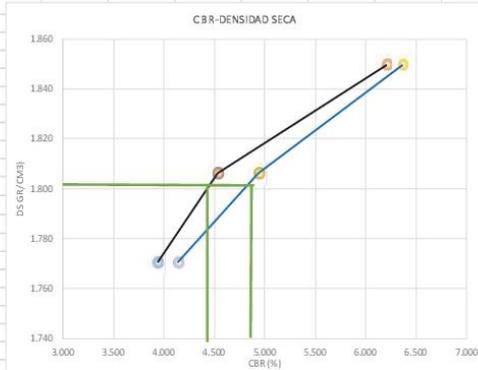


INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO EN
EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO
ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016

		PROCTOR MODIFICADO		NTP 339.141 (ASTM D 1557)									
		Nombre de investigación:		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016									
		Investigador:		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña			PROTOCOLO						
		Fecha:		Julio del 2015			N°: 14						
Horas de trabajo:		De:	07:00 a.m.	Hasta:	6:40 pm	Hoja:	1	de:	1				
INFORMACION GENERAL													
TIPO DE MATERIAL: Arcilla													
CANTERA: Santa Barbara													
PROPIETARIO: Alberto Sanchez Rodriguez													
CANTIDAD DE MUESTRA: 30000 gr													
PROCTOR MODIFICADO 12%NaCl													
MOLDE N°	MOLDE N°1		MOLDE N°2		MOLDE N°3		MOLDE N°4						
PESO MOLDE	4205.60		4205.60		4205.60		4205.60						
Pmh+Molde	6033.00		6185.00		6246.00		6224.00						
Pmh (gr)	1827.40		1979.40		2040.40		2018.40						
Vmh(cm3)	921.36		921.36		921.36		921.36						
Dh(gr/cm3)	1.983		2.148		2.215		2.191						
Recipiente N°	a	b	c	d	e	f	g	h					
Pf(gr)	27.90	26.40	27.50	27.20	27.40	26.50	26.00	27.50					
Pmh+Pf(gr)	193.20	207.90	225.80	226.40	242.20	228.00	184.40	246.80					
Pms+Pf(gr)	182.90	196.30	210.10	210.40	221.60	208.50	167.30	221.60					
Pw(gr)	10.30	11.60	15.70	16.00	20.60	19.50	17.30	25.20					
Pms(gr)	155.00	169.90	182.60	183.20	194.20	182.00	141.30	194.10					
W(%)	6.65	6.83	8.60	8.73	10.61	10.71	12.30	12.98					
Wprom (%)	6.736		8.666		10.661		12.542						
Ds(gr/cm3)	1.858		1.977		2.001		1.947						
<table border="1"> <tr> <td>DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)</td> <td>2.055</td> </tr> <tr> <td>HUMEDAD OPTIMA</td> <td>10.152</td> </tr> </table>										DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	2.055	HUMEDAD OPTIMA	10.152
DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	2.055												
HUMEDAD OPTIMA	10.152												
OBSERVACIONES - COMENTARIO													
APROBACIÓN													
Coordinador de Laboratorio			Asesor de Tesis			Investigador		Director de Carrera					
Nombre:	Sr. Victor Guzco Minchán		Nombre:	Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón		Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña		Nombre:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Alíaga			
Firma:			Firma:			Firma:			Firma:				

Palomino Saldaña, Y. E. (2016), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado "Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice california bearing ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca", de la universidad Privada del Norte.

ANEXO N°17: Instrumento de recolección de datos – Ensayo de CBR 0%

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016											
	CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)		NTP 339.145 (ASTM D 1883)										
	Nombre de investigación:		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016										
	Investigador:		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		PROTOCOLO								
	Fecha:		junio del 2015		N°: 15-E								
Horas de trabajo:		De: 07:00 a.m.	Hasta: 06:45 p.m.	Hoja									
INFORMACION GENERAL													
CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) 0% NaCl													
TIPO DE MATERIAL:	Arcilla												
CANTERA:	Santa Barbara												
PROPIETARIO:	Alberto Sanchez Rodriguez												
CANTIDAD DE MUESTRA:	90000 gr												
CBR Y DENSIDAD SECA													
MOLDE N°	MOLDE N°1		MOLDE N°2		MOLDES N°3								
Penetración (")	01"	02"	01"	02"	01"	02"							
CBR (%)	3.999	4.138	4.54	4.93	6.21	6.37							
Ds (gr/cm ³)	1.770		1.806		1.849								
													
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>Ds Max =</td> <td>1.900 gr/cm³</td> <td>CBR (0.1")</td> <td>4.43%</td> </tr> <tr> <td>95% Ds Max=</td> <td>1.805 gr/cm³</td> <td>CBR(0.2")</td> <td>4.85%</td> </tr> </table>						Ds Max =	1.900 gr/cm ³	CBR (0.1")	4.43%	95% Ds Max=	1.805 gr/cm ³	CBR(0.2")	4.85%
Ds Max =	1.900 gr/cm ³	CBR (0.1")	4.43%										
95% Ds Max=	1.805 gr/cm ³	CBR(0.2")	4.85%										
OBSERVACIONES - COMENTARIO													
APROBACIÓN													
Coordinador de Laboratorio		Asesor de Tesis		Investigador		Director de Carrera							
Nombre:	Sr. Victor Cuzco Mñchán	Nombre:	Dr. Ing. Rosa Ulique Mondragón	Nombre:	Yelsin Palomino Saldaña	Nombre:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Alliaga						
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:							

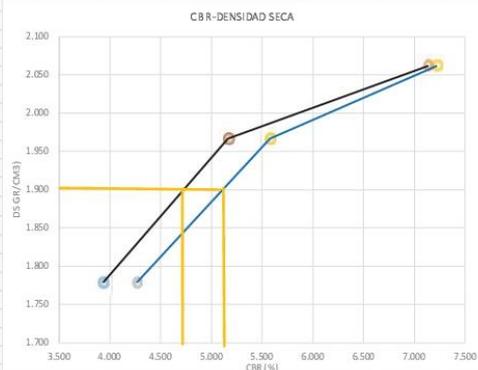
Palomino Saldaña, Y. E. (2016), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado “Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice california bearing ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca”, de la universidad Privada del Norte.

ANEXO N°18: Instrumento de recolección de datos – Ensayo de CBR 4%

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016										
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)										
NTP 339.145 (ASTM D 1883)											
Nombre de investigación:											
INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016											
Investigador:											
Yelsin Edilberto Palomino Saldaña											
Fecha:											
junio del 2015											
Horas de trabajo: De:											
07:00 a.m. Hasta: 6:00 p.m.											
PROTOCOLO N°: 16-E Hoja											
INFORMACION GENERAL											
CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) 4% NaCl											
TIPO DE MATERIAL :	Arcilla										
CANTERA :	Santa Barbara										
PROPIETARIO :	Alberto Sanchez Rodriguez										
CANTIDAD DE MUESTRA:	9000gr										
CBR Y DENSIDAD SECA											
MOLDE N°	MOLDE N°1	MOLDE N°2	MOLDES N°3								
Penetración (")	01" 02"	01" 02"	01" 02"								
CBR (%)	3.199 3.773	4.92 5.41	6.89 7.05								
Ds (gr/cm ³)	1.721	1.895	2.058								
CBR DENSIDAD SECA											
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">Ds Max =</td> <td style="text-align: center;">1.95 gr/cm³</td> <td style="text-align: center;">CBR (0.1")</td> <td style="text-align: center;">4.50%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">95% Ds Max =</td> <td style="text-align: center;">1.89 gr/cm³</td> <td style="text-align: center;">CBR(0.2")</td> <td style="text-align: center;">5.01%</td> </tr> </table>				Ds Max =	1.95 gr/cm ³	CBR (0.1")	4.50%	95% Ds Max =	1.89 gr/cm ³	CBR(0.2")	5.01%
Ds Max =	1.95 gr/cm ³	CBR (0.1")	4.50%								
95% Ds Max =	1.89 gr/cm ³	CBR(0.2")	5.01%								
OBSERVACIONES - COMENTARIO											
APROBACIÓN											
Coordinador de Laboratorio	Asesor de Tesis	Investigador	Director de Carrera								
Nombre: Sr. Víctor Cuzco Minchán	Nombre: Dr. Ing. Rosa Ulique Mondragón	Nombre: Yelsin Palomino Saldaña	Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga								
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:								

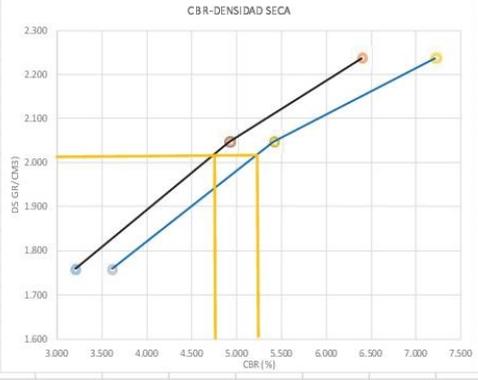
Palomino Saldaña, Y. E. (2016), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado “Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice california bearing ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca”, de la universidad Privada del Norte.

ANEXO N°19: Instrumento de recolección de datos – Ensayo de CBR 8%

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)		NTP 339.145 (ASTM D 1883)									
Nombre de investigación:		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016											
Investigador:		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña		PROTOCOLO									
Fecha:		junio del 2015		N°: 17-E									
Horas de trabajo:		De: 07:00 a.m.	Hasta: 6.40 pm	Hoja									
INFORMACION GENERAL													
CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) 8% NaCl													
TIPO DE MATERIAL:	Arcilla												
CANTERA:	Santa Barbara												
PROPIETARIO:	Alberto Sanchez Rodriguez												
CANTIDAD DE MUESTRA:	9000 gr												
CBRY DENSIDAD SECA													
MOLDE N°	MOLDE N°1		MOLDE N°2		MOLDES N°3								
Penetración (")	01"	02"	01"	02"	01"	02"							
CBR (%)	3.937	4.265	5.17	5.58	7.14	7.22							
Ds (gr/cm3)	1.779		1.966		2.061								
													
<table border="1"> <tr> <td>Ds Max =</td> <td>1.97 gr/cm3</td> <td>CBR (0.1")</td> <td>4.70%</td> </tr> <tr> <td>95% Ds Max=</td> <td>1.91 gr/cm3</td> <td>CBR(0.2")</td> <td>5.21%</td> </tr> </table>						Ds Max =	1.97 gr/cm3	CBR (0.1")	4.70%	95% Ds Max=	1.91 gr/cm3	CBR(0.2")	5.21%
Ds Max =	1.97 gr/cm3	CBR (0.1")	4.70%										
95% Ds Max=	1.91 gr/cm3	CBR(0.2")	5.21%										
OBSERVACIONES - COMENTARIO													
APROBACIÓN													
Coordinador de Laboratorio		Asesor de Tesis		Investigador									
Nombre: Sr. Victor Cuzco Minchán	Nombre: Dr. Ing. Rosa Lilique Mondragón	Nombre: Yelsin Palomino Saldaña	Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga	Director de Carrera									
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:	Firma:									

Palomino Saldaña, Y. E. (2016), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado "Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice california bearing ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca", de la universidad Privada del Norte.

ANEXO N°20: Instrumento de recolección de datos – Ensayo de CBR 12%

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016		
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)	NTP 339.145 (ASTM D 1883)	
Nombre de investigación:		INFLUENCIA DE LA ADICIÓN CLORURO DE SODIO EN EL ÍNDICE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CAJAMARCA 2016	
Investigador:		Yelsin Edilberto Palomino Saldaña	
Fecha:		junio del 2015	
Horas de trabajo:		De: 07:00 a.m. Hasta: 6.40 pm	
		PROTOCOLO N° : 18-E Hoja	
INFORMACION GENERAL			
CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) 12% NaCl			
TIPO DE MATERIAL :	Ardilla		
CANTERA :	Santa Barbara		
PROPIETARIO :	Alberto Sanchez Rodriguez		
CANTIDAD DE MUESTRA:	90000 gr		
CBRY DENSIDAD SECA			
MOLDE N°	MOLDE N°1	MOLDE N°2	MOLDES N°3
Penetración (")	01" 02"	01" 02"	01" 02"
CBR (%)	3.199 3.609	4.92 5.41	6.40 7.22
Ds (gr/cm3)	1.759	2.047	2.237
			
Ds Max =	2.06 gr/cm3	CBR(0.1")	4.85%
95% Ds Max=	1.99 gr/cm3	CBR(0.2")	5.32%
OBSERVACIONES - COMENTARIO			
APROBACIÓN			
Coordinador de Laboratorio	Asesor de Tesis	Investigador	Director de Carrera
Nombre: Sr. Victor Cuzco Minchán	Nombre: Dr. Ing. Rosa Llique Mondragón	Nombre: Yelsin Palomino Saldaña	Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:

Palomino Saldaña, Y. E. (2016), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado “Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice california bearing ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca”, de la universidad Privada del Norte.

ANEXO N°21: Instrumento de recolección de datos – Límite de Atterberg 0%

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 - 2000 / MTC E 111 - 2000 NTP 339.129:1999 / ASTM D 4318-05 AASHTO T-89 / AASHTO T-90					CÓDIGO : FC - 05	
					VERSIÓN : 1.0	
					VIENCIA : 31/12/2018	
PROYECTO :	ESTUDIO COMPARATIVO EMPLEANDO EL ADITIVO PROES Y CONSOLID PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN CAMINOS VECINALES, 2018				REGISTRO : 003-2018/JR	
UBICACIÓN :	VILLA RICA - OXAPIMPA				FECHA : 09/10/2018	
CLIENTE :	CHAVEZ PAJUELO RAFAEL ANTONIO					
REFERENCIAS DE LA MUESTRA						
PRESENTACIÓN :	01 Saco de polipropileno.					
IDENTIFICACIÓN :	C-01 / M-3 / Prof. 0.80 m - 1.50 m					
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de baja plasticidad					
DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
Ensayo N°	1	2	3	4	1	2
Cápsula N°	201	4	1	221	10	252
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	34.71	31.19	30.76	31.82	30.71	28.98
Peso cápsula + suelo seco (g)	29.73	27.17	27.72	28.67	28.05	26.97
Peso del Agua (g)	4.58	4.02	3.04	3.15	2.66	2.01
Peso de la cápsula (g)	15.32	14.14	17.54	17.91	15.50	17.31
Peso del suelo seco (g)	14.41	13.03	10.18	10.76	12.55	9.66
Contenido de humedad (%)	31.78	30.85	29.88	29.28	21.20	20.81
Número de golpes	16	20	27	32	--	--

DIAGRAMA DE FLUIEZ

HUMEDAD (%)

NÚMERO DE GOLPES

RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (%)	30.0
LÍMITE PLÁSTICO (%)	21.6
ÍND. PLASTICIDAD (%)	8.0

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasando la malla N° 40.
- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MIX TIRUNTO".
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

**RICCARDO FRANCESCO
DAVILA RIOS
INGENIERO CIVIL
Reg. GIP N° 203355**

982 840 339 / 956 363 147
 r.diaa@jrgeoconsultores.com
 jrgeoconsultores@gmail.com
 proyectos@jrgeoconsultores.com
 Asociación Virgen del Carmen Mz. D Lt. 24
 San Martín de Porres - Lima

Chávez Pajuelo, R. A. (2018), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado “Estudio Comparativo empleando el aditivo PROES y CONSOLID para la estabilización de suelos en caminos vecinales”, de la universidad Cesar Vallejo.

ANEXO N°22: Instrumento de recolección de datos – Límite de Atterberg 1.50%

3.5.2.1.2. Material empleando el aditivo PROES y CONSOLID

Para la clasificación SUCS y AASHTO se empleó el aditivo PROES y CONSOLID en diferentes dosificaciones, se le agrego un Material Granular (SP, arena pobremente graduada) en una relación de 30% y un 70% de material arcilloso (CH).

Tabla 21. Cuadro de Resumen de Clasificación de Suelos

N°	CALICATA	ADITIVO	DOSIFICACIÓN		GRANULOMETRIA			CLASIFICACIÓN	
			Consolid / Proes	Solidry / Cemento P.	%G	%A	%F	SUCS	AASHTO
1	C-2	Consolid	0.0045%	1.50%	*	42.8	57.2	CL	A-4 (2)
2	C-2	Consolid	0.0045%	2.00%	*	40.5	59.5	CL	A-6 (4)
3	C-2	PROES	0.35 l/m3	50 kg/m3	*	43.1	56.9	CL	A-6-3 (26)
4	C-2	PROES	0.30 l/m3	50 kg/m3	*	57.7	42.3	SM-SC	A-4 (0)

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 20, nos muestra el resumen de la clasificación SUCS Y ASSHTO de una combinación del Material granular de 30% + el Material natural arcilloso de 70% + las dosificaciones de los aditivos empleados según el tipo de suelo.

Tabla 22. Cuadro de resumen del Límite líquido, Límite plástico e Índice de Plasticidad

N°	CALICATA	MUESTRA	DOSIFICACIÓN		LL	LP	IP
			Consolid / Proes	Solidry / Cemento P.	%	%	%
1	C-2	Consolid	0.0045%	1.50%	28	20	13
2	C-2	Consolid	0.0045%	2.00%	20	7	8
3	C-2	PROES	0.30 l/m3	50 kg/m3	19	6	13
4	C-2	PROES	0.35 l/m3	50 kg/m3	20	13	7

Fuente: Elaboración Propia

Luego de realizar los ensayos correspondientes empleando el aditivo PROES y CONSOLID se obtuvo como resultado que el IP disminuyó considerablemente, de tener una plasticidad alta con una característica de suelos muy arcillosos y suelos arcillosos (Ver Tabla 6), a resultar un IP con una plasticidad media y baja plasticidad, con una característica de suelos pocos arcillosos.

ANEXO N°23: Instrumento de recolección de datos – Límite de Atterberg 2%

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS		Informe N°	JR 2018 - 107
		Fecha de Emisión	22/11/2018
		Realizado por	Tec. José L. Quijga M.
		Revisado por	Ing. Riccardo F. Dávila
		Certificado N°	LEM - 83-04/167

PROYECTO : "ESTUDIO COMPARATIVO EMPLEANDO EL ADITIVO PROES Y CONSOLID PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN CAMINOS VECINALES, 2018"

CLIENTE : CHÁVEZ PAJUELO, RAFAEL ANTONIO

UBICACIÓN : VILLA RICA - OXAPAMPA

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : C-29A-1, Prof. 0.30 m - 1.50 m (Mét. Grande 30 % Consolid 444 - 0.90% Safety 2.00 %)

PESO DE MUESTRA RECEP. : 50,324.0 g T. MÁRMO DEL ESTRATO (Pulg.)

PESO MUESTRA DE ENSAYO : 493.0 g

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO					
MTC E 107 - 2013 / ASTM D 422-63(D502) / AASHTO T - 88					
MALLAS	ABERTURA (mm)	RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
AMERICANA					
2"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
N° 4	4.750				100.0
N° 8	2.360	9.7	5.5	5.0	94.5
N° 10	2.000	2.0	1.4	6.0	93.1
N° 16	1.180	11.0	6.7	13.6	86.4
N° 20	0.850	6.0	4.0	10.1	81.9
N° 30	0.600	8.0	4.7	22.8	77.2
N° 40	0.425	0.7	3.8	26.6	73.4
N° 50	0.300	5.7	3.2	26.9	73.2
N° 60	0.250	6.4	3.0	33.4	66.6
N° 100	0.150	2.8	1.6	35.0	65.0
N° 200	0.075	9.7	5.0	43.0	57.0
< N° 200	FONDO	100.4	50.0	100.0	

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO		
MTC E 106 - 2013 / ASTM D 2216-05 / AASHTO T - 285		
Peso del Recipiente + Suelo Húmedo	66	1,942.4
Peso del Recipiente + Suelo Seco	66	897.6
Peso del Agua	66	1,044.8
Peso del Recipiente	66	180.0
Peso de Suelo Seco	66	710.0
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	26.4

FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS DE MUESTRA ENSAYO		
Tamaño Máximo (mm-pulg)	4.750 mm	
Porcentaje de Grava 2" + N° 4	(%)	
Porcentaje de Arena N° 20 + N° 4	(%)	40.5
Porcentaje que Pasa la Malla N° 200	(%)	50.5

MATERIALES MAS FINOS QUE EL TAMIZ DE 75 µm (N° 200)		
MTC E 137 - 2016 / ASTM D 1140-00 / AASHTO T - 11		
Peso Seco antes del Lavado + Tamiz (Fracción Fina + N° 4)	(g)	324.4
Peso Seco después del Lavado + Tamiz	(g)	118.0
Peso del Tamiz	(g)	47.2
PASANTE TAMIZ DE 75 µm (N° 200)	(%)	66.8

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		DESCRIPCIÓN DEL SUELO
USCS	ASTM D 1407-05 : CL	Arilla arenosa de baja plasticidad
AASHTO	ASTM D 1360 : A-4 (4)	Melo

L. LÍQUIDO, L. PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS					
MTC E 110 - 2010 / MTC E 111 - 2010 / ASTM D 4318-05 / AASHTO T-99 / AASHTO T-80					
	LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)			
Suelo Húmedo + Peso de Cápsula	30.07	23.99	27.78	25.6	27.06
Peso de Cápsula + Suelo Seco	27.60	30	34.08	24.82	27.13
Peso del Agua	2.45	2.08	3.17	0.78	0.73
Peso de la Cápsula	18.03	15.54	18.65	14.36	15.71
Peso de Suelo Seco	11.70	14.86	15.83	16.46	11.42
Contenido de Humedad	20.70	20.12	16.86	7.48	6.57
Número de golpes	18	26	26		
RESULTADO		26.0		7.8	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)				18.2	

OBSERVACIONES:

RFD

RICCARDO FRANCESCO DAVILA RIOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036
r.diaz@jrgeoconsultores.com
jrgeoconsultores@gmail.com
j.oyarce@jrgeoconsultores.com

Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
San Martín de Porres - Lima

Chávez Pajuelo, R. A. (2018), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado "Estudio Comparativo empleando el aditivo PROES y CONSOLID para la estabilización de suelos en caminos vecinales", de la universidad Cesar Vallejo.

ANEXO N°24: Instrumento de recolección de datos – Proctor Modificado 0%

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		CÓDIGO : FS - 000				
ASTM D 1557-02 / NTP 339.141:1999		VERSIÓN : 1.0				
MTC E 115 - 2000 / AASHTO T-190		VIGENCIA : 31/12/2018				
PROYECTO :	ESTUDIO COMPARATIVO EMPLEANDO EL ADITIVO PROES Y CONSOLID PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN CAMINOS VECINALES, 2019					
UBICACIÓN :	VILLA RICA - OXAPAMPA					
CLIENTE :	CHAVEZ PAJUELO RAFAEL ANTONIO					
IDENTIFICACIÓN :	C-01 : W-3 / Prot: 0.80 m - 1.00 m	CLASF. (SUCS) : CL				
	Materia Natural	CLASF. (AASHTO) : A-4 (7)				
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de baja plasticidad					
Metodo A						
Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	3718.00	3803.00	3945.00	3648.00	
Peso molde	gr	1949.00	1949.00	1949.00	1949.00	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1769.00	1854.00	1996.00	1699.00	
Volumen del molde	cm ³	951.00	951.00	951.00	951.00	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.860	2.004	2.099	1.786	
Recipiente N°		224	188	188	210	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	242.88	237.30	243.80	211.80	
Peso del suelo seco + tara	gr	228.30	218.50	217.40	186.40	
Tara	gr	60.30	52.90	48.10	60.70	
Peso de agua	gr	16.30	20.80	26.40	25.20	
Peso del suelo seco	gr	166.00	163.60	169.30	135.70	
Contenido de agua	%	9.82	12.71	15.58	18.57	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.894	1.894	1.816	1.882	
				Densidad máxima (gr/cm ³)		1.825
				Humedad óptima (%)		14.8

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD

<p>REFERENCIA :</p> <p>ASTM D 1557-02. Standard test method for CBR (California bearing ratio) of laboratory-compacted soils</p> <p>ASTM D 1557-02. Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - (2003) 9-0003 (2010) 01-01-02</p>	<p><i>RFR</i></p> <p>RICCARDO FRANCESCO DAVILA RIOS INGENIERO CIVIL Reg. GIP N° 20335*</p>
<p>OBSERVACIONES :</p> <p>- Muestra tomada e identificada por personal del Solicitante.</p> <p style="text-align: center;">El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.</p>	<p>938 385 323 / 955 088 036</p> <p>r.diaz@jrgeoconsultores.com</p> <p>jr.geoconsultores@gmail.com</p> <p>j.oyarce@jrgeoconsultores.com</p> <p>Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen San Martín de Porres - Lima</p>

Chávez Pajuelo, R. A. (2018), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado “Estudio Comparativo empleando el aditivo PROES y CONSOLID para la estabilización de suelos en caminos vecinales”, de la universidad Cesar Vallejo.

ANEXO N°25: Instrumento de recolección de datos – Proctor Modificado 1.50%

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		CÓDIGO : FS - 006
ASTM D 1557-02 / NTP 339.141:1999 MTC E 115 - 2000 / AASHTO T-180		VERSIÓN : 1.0
		VIGENCIA : 31/12/2018
PROYECTO :	"ESTUDIO COMPARATIVO EMPLEANDO EL ADITIVO PROES Y CONSOLID PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN CAMINOS VECINALES, 2018"	
UBICACIÓN :	CHAVÉZ PAJUELO, RAFAEL ANTONIO	
CLIENTE :	VILLA RICA - OXAPAMPA	
IDENTIFICACIÓN :	C-3M-3, Prof. 0.80 m - 1.50 m (Mat. Granular 30 % Conesid 444 - 0.945% Solidry 1.50 %)	CLASF. (SUCS) : CL
DESCRIPCIÓN :	Arcilla arenosa de baja plasticidad	CLASF. (AASHTO) : A-4 (Z)
Metodo A		
Numero de Ensayo		
Peso suelo + molde	gr	3860.00 3942.00 3099.00 3917.00
Peso molde	gr	1949.00 1949.00 1949.00 1949.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	1911.00 1993.00 2010.00 1968.00
Volumen del molde	cm ³	951.00 951.00 951.00 951.00
Peso volumétrico húmedo	gr	2.009 2.095 2.114 2.069
Recipiente N°		6 149 189 11
Peso del suelo húmedo+tara	gr	359.80 302.82 299.59 315.08
Peso del suelo seco + tara	gr	337.90 276.50 264.80 274.60
Tara	gr	64.20 47.60 37.40 62.20
Peso de agua	gr	21.90 28.32 34.79 40.48
Peso del suelo seco	gr	273.70 228.90 227.40 222.40
Contenido de agua	%	8.00 11.59 15.39 18.20
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.861 1.889 1.833 1.781
		Densidad máxima (gr/cm ³) Humedad óptima (%)
		1.881 10.9

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD

REFERENCIA :	ASTM D 1863-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lb (7700 N-m)	 RICCARDO FRANCESCO DAVILA RIOS INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 203355
OBSERVACIONES :	- Muestra tomada e identificada por personal de JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L. El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.	

938 385 323 / 955 088 036

r.diaz@jrgeoconsultores.com

jr.geoconsultores@gmail.com

j.oyarce@jrgeoconsultores.com

Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
San Martín de Porres - Lima

Chávez Pajuelo, R. A. (2018), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado "Estudio Comparativo empleando el aditivo PROES y CONSOLID para la estabilización de suelos en caminos vecinales", de la universidad Cesar Vallejo.

ANEXO N°26: Instrumento de recolección de datos – Proctor Modificado 2%

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO						
ASTM D 1557-02 / NTP 339.141:1999 MTC E 115 - 2000 / AASHTO T-190				CÓDIGO : FS-008		
				VERSIÓN : 1.0		
				VIGENCIA : 31/12/2018		
PROYECTO :	"ESTUDIO COMPARATIVO EMPLEANDO EL ADITIVO PROES Y CONSOLID PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN CAMINOS VECINALES, 2018"					
UBICACIÓN :	CHAYÉZ PAJUELO, RAFAEL ANTONIO					
CLIENTE :	VILLA RICA - OXAPAMPA					
IDENTIFICACIÓN :	C-200-1, Prof. 0,80 m - 1,50 m (Ret. Granul. 20 % Consolid 444 - 0,048% Sobry 2,00 %)			CLASIF. (SUCS) :	CL	
DESCRIPCIÓN :	Arcilla arenosa de baja plasticidad			CLASIF. (AASHTO) :	A-4(4)	
Método A						
Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	3730.00	3028.00	3058.00	3051.00	
Peso molde	gr	1949.00	1949.00	1949.00	1949.00	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1786.00	1979.00	2007.00	1902.00	
Volumen del molde	cm ³	951.00	951.00	951.00	951.00	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.878	2.081	2.110	2.000	
Recipiente N°		15	34	7	23	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	288.32	302.82	316.40	293.34	
Peso del suelo seco + tara	gr	268.40	276.50	285.18	231.00	
Tara	gr	34.10	47.80	43.10	48.20	
Peso de agua	gr	19.92	26.32	30.74	32.34	
Peso del suelo seco	gr	234.30	228.00	242.08	194.00	
Contenido de agua	%	8.58	11.58	12.78	17.58	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.731	1.886	1.873	1.792	
					Densidad máxima (gr/cm ³)	1.873
					Humedad óptima (%)	12.4

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD

REFERENCIA :	ASTM D 1557-02 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory compacted soils ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 5000(14400) (2700 kN-m²)	 RICCARDO FRANCESCO INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 210355
OBSERVACIONES :	- Muestra tomada e identificada por personal de JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L. El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.	

938 385 323 / 955 088 036

r.diaz@jrgeoconsultores.com

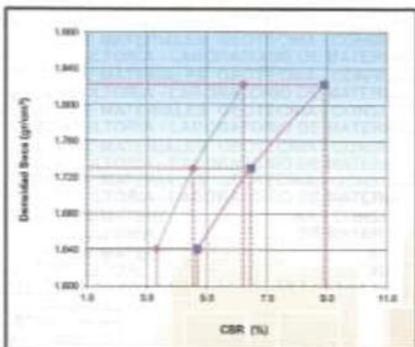
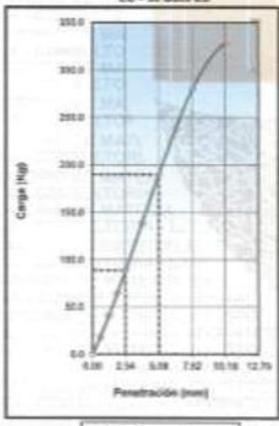
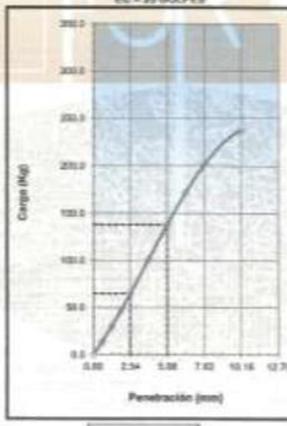
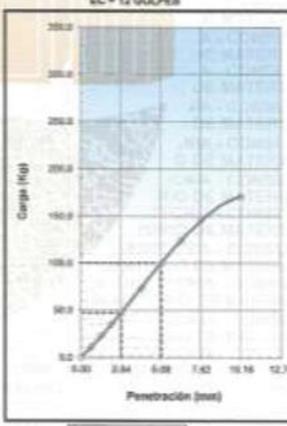
jr.geoconsultores@gmail.com

j.oyarce@jrgeoconsultores.com

Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
San Martín de Porres - Lima

Chávez Pajuelo, R. A. (2018), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado "Estudio Comparativo empleando el aditivo PROES y CONSOLID para la estabilización de suelos en caminos vecinales", de la universidad Cesar Vallejo.

ANEXO N°27: Instrumento de recolección de datos – Ensayo de CBR 0%

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. ASTM D 1883 - MTC E 132		CÓDIGO : PS - 007												
		VERSIÓN : 1.0												
		VIGENCIA : 31/12/2018												
PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO EMPLEANDO EL ADITIVO PROES Y CONSOLID PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN CAMINOS VECINALES, 2018														
UBICACIÓN : VILLA RICA - CUSPAMPA														
CLIENTE : CHAVEZ PAJUELO RAFAEL ANTONIO														
IDENTIFICACIÓN : C-01 - N-2 / Prof.: 0.00 m - 1.00 m		CLASIF. (SUCS) : CL												
Descripción : Material Natural		CLASIF. (AASHTO) : A-4 (7)												
Descripción : Arcilla de baja plasticidad														
	METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557													
	MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.825 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 14.5 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.734 DENSIDAD IN SITU (g/cm³) : 1													
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)</td> <td>0.1"</td> <td>0.2</td> <td>0.2"</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)</td> <td>0.1"</td> <td>4.5</td> <td>0.2"</td> <td>0.5</td> </tr> </table>	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	0.2	0.2"	0.0	C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	4.5	0.2"	0.5		
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	0.2	0.2"	0.0										
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	4.5	0.2"	0.5										
		RESULTADOS CBR a 1": Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.5 (%)												
OBSERVACIONES:														
EC = 58 GOLPES	RC = 35 GOLPES	EC = 12 GOLPES												
														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>CBR (0.1")</td> <td>0.2%</td> </tr> <tr> <td>CBR (0.2")</td> <td>0.0%</td> </tr> </table>	CBR (0.1")	0.2%	CBR (0.2")	0.0%	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>CBR (0.1")</td> <td>1.0%</td> </tr> <tr> <td>CBR (0.2")</td> <td>0.0%</td> </tr> </table>	CBR (0.1")	1.0%	CBR (0.2")	0.0%	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>CBR (0.1")</td> <td>3.0%</td> </tr> <tr> <td>CBR (0.2")</td> <td>4.7%</td> </tr> </table>	CBR (0.1")	3.0%	CBR (0.2")	4.7%
CBR (0.1")	0.2%													
CBR (0.2")	0.0%													
CBR (0.1")	1.0%													
CBR (0.2")	0.0%													
CBR (0.1")	3.0%													
CBR (0.2")	4.7%													
REFERENCIA : ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils. ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 30000 ft-lbf (2700 kJ-m²)														
OBSERVACIONES : - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.														
El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.														
		938 385 323 / 955 088 036 r.diaz@jrgeoconsultores.com jrgeoconsultores@gmail.com j.ayarce@jrgeoconsultores.com Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen San Martín de Porres - Lima												

Chávez Pajuelo, R. A. (2018), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado “Estudio Comparativo empleando el aditivo PROES y CONSOLID para la estabilización de suelos en caminos vecinales”, de la universidad Cesar Vallejo.

ANEXO N°28: Instrumento de recolección de datos – Ensayo de CBR 1.50%

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. ASTM D 1883 - MTC E 132		CÓDIGO : FS-007
		VERSIÓN : 1.0
		VIGENCIA : 31/12/2018
PROYECTO :	"ESTUDIO COMPARATIVO EMPLEANDO EL ADITIVO PROES Y CONSOLID PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN CAMINOS VECINALES, 2018"	
UBICACIÓN :	CHAYÉZ PAJUELO, RAFAEL ANTONIO	
CLIENTE :	VILLA RICA - OXAPAMPA	
IDENTIFICACIÓN :	C-200-3, Prof. 0,80 m - 1,50 m (Mat. Granular 30 % Consolid 444 - 0,840% Solidry 1,50 %)	CLASIF. (SUCS) : CL
DESCRIPCIÓN :	Árcilla arenosa de baja plasticidad	CLASIF. (AASHTO) : A-4 (2)

CBR (%)

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.881

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 10.9

95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.766

DENSIDAD INSITU (g/cm³) :

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	35.4	0.2"	37.6
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	25.6	0.2"	27.1

RESULTADOS CBR a 1":

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **25.6 (%)**

OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES

Penetración (mm)

CBR (0.1")	25.4%
CBR (0.2")	27.6%

EC = 25 GOLPES

Penetración (mm)

CBR (0.1")	25.6%
CBR (0.2")	27.1%

EC = 12 GOLPES

Penetración (mm)

CBR (0.1")	16.4%
CBR (0.2")	18.3%

REFERENCIA :
 ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf (7700 kN-m)

OBSERVACIONES :
 - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

RICARDO FRANCESCO
 DÍAZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 293355

938 385 323 / 955 088 036
 r.diaz@jrgeoconsultores.com
 jr.geoconsultores@gmail.com
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
 San Martín de Porres - Lima

Chávez Pajuelo, R. A. (2018), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado “Estudio Comparativo empleando el aditivo PROES y CONSOLID para la estabilización de suelos en caminos vecinales”, de la universidad Cesar Vallejo.

ANEXO N°29: Instrumento de recolección de datos – Ensayo de CBR 2%

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. ASTM D 1683 - MTC E 132		CÓDIGO : PS - 007 VERSIÓN : 1.0 VIGENCIA : 31/12/2018
PROYECTO : "ESTUDIO COMPARATIVO EMPLEANDO EL ADITIVO PROES Y CONSOLID PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN CAMINOS VECINALES, 2018" UBICACIÓN : CHAVÉZ PAJUELO, RAFAEL ANTONIO CLIENTE : VILLA RICA - OXAPAMPA		
IDENTIFICACIÓN : C-2M-3, Prof. 0,60 m - 1,50 m (Mat. Granular 36 % Consolid 444 - 0.045% Solúry 2. DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad		CLASF. (SUCS) : CL CLASF. (AASHTO) : A-6(A)

Gráfico de densidad seca (g/cm³) vs CBR (%). El eje Y muestra densidad seca de 1.650 a 1.950 g/cm³. El eje X muestra CBR (%) de 20.0 a 70.0. Se traza una línea de tendencia que pasa por los puntos (30, 1.700), (40, 1.800), (50, 1.850) y (60, 1.900).

METODO DE COMPACTACION : ASTM D 1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.873
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 12.4
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.780
 DENSIDAD INSITU (g/cm³) :

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	48.1	0.2"	63.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	36.2	0.2"	48.0

RESULTADOS CBR a 1")
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 36.2 (%)

OBSERVACIONES:

EC = 58 GOLPES

Gráfico de carga (Kg) vs penetración (mm) para EC = 58 golpes. El eje Y muestra carga de 0.0 a 2.500.0 Kg. El eje X muestra penetración de 0.00 a 12.70 mm. Se indica un CBR de 44.7% a 0.1" y 60.7% a 0.2".

EC = 26 GOLPES

Gráfico de carga (Kg) vs penetración (mm) para EC = 26 golpes. El eje Y muestra carga de 0.0 a 2.500.0 Kg. El eje X muestra penetración de 0.00 a 12.70 mm. Se indica un CBR de 36.2% a 0.1" y 43.0% a 0.2".

EC = 12 GOLPES

Gráfico de carga (Kg) vs penetración (mm) para EC = 12 golpes. El eje Y muestra carga de 0.0 a 2.000.0 Kg. El eje X muestra penetración de 0.00 a 12.70 mm. Se indica un CBR de 36.0% a 0.1" y 34.4% a 0.2".

REFERENCIA : ASTM D 1683-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/ft³ (2700 kN-m/m³)	<p>RICARDO FRANCESCO INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 203355</p>
OBSERVACIONES : - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.	

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

938 385 323 / 955 088 036
 r.diaz@jrgeoconsultores.com
 jr.geoconsultores@gmail.com
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
 San Martín de Porres - Lima

Chávez Pajuelo, R. A. (2018), información de sus tesis para Ingeniero Civil titulado "Estudio Comparativo empleando el aditivo PROES y CONSOLID para la estabilización de suelos en caminos vecinales", de la universidad Cesar Vallejo.