

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Trabajo de Investigación

**Estabilización de subrasante de vías en suelos
expansivos con cloruro de sodio - Avenida Jacinto
Ibarra, distrito de Chilca - Huancayo 2020**

Waldir Jesús Lee Quispe Chuquillanqui

Para optar el Grado de Bachiller en
Ingeniería Civil

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INDICE

LISTA DE TABLAS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN	vi
CAPITULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.1.2 Formulación del problema.....	3
1.1.2.1 Problema general.....	3
1.1.2.2 Problemas específicos.....	3
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Justificación e importancia.....	4
1.3.1 Justificación teórica.....	4
1.3.2 Justificación practica.....	4
1.3.3 Justificación meteorológica.....	4
1.3.4 Justificación por viabilidad.....	4
1.4 Hipótesis.....	5
1.4.1 Hipótesis general.....	5
1.4.2 Hipótesis específicos.....	5
1.5 Variables.....	5
CAPITULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes del problema.....	7
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	7
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	8
2.2 Bases teóricas.....	10
2.2.1 Estabilización de suelos expansivos.....	10
2.2.1.1 Estabilidad volumétrica.....	10
2.2.1.2 Capacidad de Soporte.....	11
2.2.2 Caracterización de los suelos.....	11

2.2.2.1 Análisis de la granulometría.....	11
2.2.2.2. Límites de consistencia.....	11
2.2.3 Clasificación de los suelos.....	12
2.2.4 Subrasante de vías.....	13
2.2.4.1 Subrasante.....	13
CAPITULO III.....	14
METODOLOGÍA.....	14
3.1 Método y alcances de la investigación.....	14
3.1.1 Método de la investigación.....	14
3.1.2 Alcances de la investigación.....	14
3.1.2.1 Tipo de investigación.....	14
3.1.2.2 Nivel de investigación.....	14
3.2 Diseño de la Investigación.....	14
3.3 Población y muestra.....	15
3.3.1 Población.....	15
3.3.2 Muestra.....	15
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
CAPITULO IV.....	17
RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	17
4.1 Resultados de laboratorio.....	17
4.1.1 Contenido de humedad.....	17
4.1.2 Análisis granulométrico.....	17
4.1.3 Ensayo de límites de Atterberg.....	17
4.1.4 Peso específico material fino.....	18
4.1.5 Clasificación del suelo.....	18
4.1.6 Ensayo de proctor modificado.....	18
4.1.7 Ensayo de California Bearing Ratio (CBR).....	18
4.2 Discusión.....	19
CONCLUSIONES.....	20
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
ANEXOS.....	23

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de suelo AASHTO	12
Tabla 2: Análisis granulométrico por lavado	17
Tabla 3: Límites de Atterberg	17
Tabla 4: Ensayo peso específico	18
Tabla 5: Proctor Modificado	18
Tabla 6: California Bearing Ratio (CBR)	18

RESUMEN

El actual trabajo de indagación posee como objetivo establecer la influencia del cloruro de sodio en la estabilización de la subrasante de suelo expansivo.

Para poder desenvolver la labor de exploración se obtuvieron muestras de suelo arcilloso expansivo, posteriormente se pasó a analizar las muestras en laboratorio con las investigaciones pertinentes como son: contenido de humedad, ensayo de granulometría, límites líquidos y plásticos con estos ensayos poder catalogar el suelo en un sistema conveniente.

Siguiendo con la secuencia se perpetraron las sucesivas pruebas: proctor modificado para decretar nuestro óptimo C.H. con nuestra máxima densidad seca, y el último ensayo de CBR usando una ejemplar estándar así con muestras con porcentajes de cloruro de sodio de 4%, 8% y 12%. Estos ensayos nos sirvieron para poder determinar cómo influye el cloruro de sodio en la modificación de las características mecánicas y físicas del suelo.

Al acrecentar el cloruro de sodio en las participaciones establecidos mejora el comportamiento del suelo en estudio, aumentando la resistencia del suelo, reduciendo la plasticidad del suelo, ayudando a llevar a cabo muchas labores como los trabajos de obra, además de amplificar la estabilidad y subyugando inconvenientes en los pavimentos.

Palabras Claves: Estabilización, subrasante, suelo expansivo y cloruro de sodio

ABSTRACT

The current research work aims to establish the influence of sodium chloride on the stabilization of the expansive soil subgrade.

In order to carry out the exploration work, samples of expansive clayey soil were obtained, later the samples were analyzed in the laboratory with the pertinent investigations such as: moisture content, granulometry test, liquid and plastic limits, with these tests being able to catalog the soil in a convenient system.

Continuing with the sequence, the successive tests were carried out: proctor modified to decree our optimal C.H. with our maximum dry density, and the last CBR test using a standard specimen like this with samples with percentages of sodium chloride of 4%, 8% and 12%. These tests helped us to determine how sodium chloride influences the modification of the mechanical and physical characteristics of the soil.

By increasing the sodium chloride in the established participations, it improves the behavior of the soil under study, increasing the resistance of the soil, reducing the plasticity of the soil, helping to carry out many tasks such as construction work, in addition to amplifying stability and subjugating inconveniences in the pavements.

Key Words: Stabilization, subgrade, expansive soil and sodium chloride

INTRODUCCIÓN

Los objetivos de esta presente investigación son: determinar la influencia del cloruro de sodio en la estabilización de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo. 2) Determinar en qué medida influye el cloruro de sodio en la modificación de las características mecánicas de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo. 3) Determinar en qué medida influye el cloruro de sodio en la modificación de las características físicas de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo. 4) Determinar en qué medida una dosificación adecuada de cloruro de sodio influye en la estabilidad de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo.

Para lograr realizar estos objetivos y lograr conseguir las deducciones apropiadas se presentan los temas consecuentes en el avance de esta presente investigación. En la sección I se detalla y los complicaciones que se encuentran en los suelos expansivos, su baja capacidad de soporte, su elevado índice de plasticidad y se proyecta la dificultad de exploración. En la sección II se realizó el marco teórico, colocando referencias mundiales y oriundas que nos servirán para desarrollar el trabajo de investigación, además de colocar las bases teóricas para tener en conocimientos los conceptos necesarios para poder realizar esta investigación. Luego se desarrolló la división III se define la hipótesis general y las específicas, así como las variables dependientes e independientes. Seguidamente el parte IV se define la metodología y los alcances de la investigación, la población, muestra y los modelos de trabajo. En la sección VI se presentaron los resultados y discusiones.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

Una de las dificultades que se presentan al ejecutar una construcción son los suelos expansivos, por sus propiedades y por sus características negativas que presenta el suelo.

Se denomina suelo expansivo cuando el suelo produce cambios de volumen e hinchamiento, una arcilla expansiva seca, su capacidad de carga es muy elevada, al unirse en contacto con el agua su capacidad de carga sufre un cambio negativo, produciendo asentamiento, fisuración y roturas en los elementos estructurales, deformaciones en pavimentos y problemas en la compactación.

A nivel internacional, existen diferentes ejemplares de suelos como los suelos expansivos comúnmente en su interior se puede encontrar minerales un ejemplo es la "montmorilonita", preparadas para lograr absorber agua en su organización interna. Al lograr absorber agua aumenta su volumen. Se logran expansiones en porcentajes menores a 13% son más frecuentes. Cuando existe una permutación volumétrica logra ejecutar bastante influencia a la construcción o estructura que está en unión y poder causar algún daño. Algunos ejemplos que se pueden apreciar son las siguientes como: cimentaciones fisuradas o agrietadas. Los suelos expansivos al periodo de secarse se contraen. Esta contracción afecta al soporte de las edificaciones u otro tipo de cimentación conllevando así a asentamientos diferenciales. Los agrietamientos en los suelos se pueden lograr a desenvolverse. Al momento de la época de lluvias los agrietamientos producidos por los suelos expansivos facilitan el ingreso del agua.

A nivel nacional, el Perú presenta inmensas áreas de terreno que contienen suelos expansivos, por eso es importante el estudio de dichos suelos para luego poder utilizar estos suelos como un base para obras de carreteras, pavimentaciones, edificaciones entre otras, Estos suelos expansivos exteriorizan dificultades de deformación debido al cambio volumétrico del suelo, por la presencia excesiva de agua.

Presentemente los suelos expansivos son peligrosos para las obras de gran magnitud, por su cambio volumétrico, en los suelos en el cual se han edificación casas tradicionalmente, además en lugares donde no existe evidencia de suelos expansivos. Para poder prescribir si un suelo es expansivo se tiene que plasmar en los ensayos en laboratorio, además de cometer un reconocimiento del terreno. Para que un suelo que contenga arcilla se designe expansivo debe contener en su constitución molecular minerales, pero eso solo es un problema para lograr producir ese incremento de volumen tienen que suceder otros factores. Estos factores influyen en proporciones mayores o menores, ayudan a mantener el equilibrio de humedad.

Por tal motivo es de vital importancia saber el tipo de suelos donde se va hacer las cimentaciones porque son la base de la estructura además de conocer las características físicas y mecánicas del suelo es el caso de la avenida Jacinto Ibarra para lograr brindar firmeza a las estructuras a lo largo de su vida útil. Existen casos donde el suelo natural no es idóneo para poder establecer una estructura, por lo tanto es necesario mejorar la capacidad del suelo añadiendo otro material para mejorar su capacidad de carga y lograr en el caso de los suelos expansivos una estabilidad de volumen.

Existen problemas fundamentales en este tipo de suelos los cuales son sus deformaciones elásticas e inelásticas que no están previstas por la teoría de plasticidad. Se desarrollan movimientos inducidos por el suelo con patrones irregulares que causan daños inmensos a las edificaciones, carreteras y pavimentos.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1 Problema general

¿De qué manera influye el cloruro de sodio en la estabilización de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo?

1.1.2.2 Problemas específicos

- ¿En qué medida influye el cloruro de sodio en la modificación de las características mecánicas de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo?
- ¿En qué medida influye el cloruro de sodio en la modificación de las características físicas de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo?
- ¿En qué medida una dosificación adecuada de cloruro de sodio influye en la estabilidad de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar la influencia del cloruro de sodio en la estabilización de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar en qué medida influye el cloruro de sodio en la modificación de las características mecánicas de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo.
- Determinar en qué medida influye el cloruro de sodio en la modificación de las características físicas de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo.

- Determinar en qué medida una dosificación adecuada de cloruro de sodio influye en la estabilidad de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo.

1.3 Justificación e importancia

1.3.1 Justificación teórica

En los últimos años la construcción de obras viales es importante realizar obras con menor costo y que tengan una vida útil duradera. Además de considerar los aspectos ambientales, es de suma importancia el cuidado del medio ambiente. Para lo cual se realizan estudios de suelos y proponer un estabilizador que logre mejorar sus propiedades. Este material servirá para posteriores trabajos similares o como material de consulta.

1.3.2 Justificación práctica

Esta investigación se realizó por que debido a la existencia de la necesidad de mejorar las propiedades físicas y químicas de la subrasante reduciendo la deformabilidad, la permeabilidad y sensibilidad al agua y darle mayor vida útil a la construcción así también reduciendo el impacto ambiental, a fin de poder realizar el asfaltado correspondiente.

1.3.3 Justificación meteorológica

Para el proceso de estabilización y mejoramiento de la volumen de carga en arcillas expansivas es importante conocer los parámetros, los materiales, las aplicaciones que se han realizado en diferentes países tanto como en nuestro país para su desarrollo favorable en las áreas que se requieran este tratamiento (camino, cimentaciones etc.), consultando investigaciones teóricas, con una breve descripción del suelo y el cloruro de sodio que son factores importante en este tema de estabilización y mejoramiento, así también obtener mayor conocimiento sobre el tema.

1.3.4 Justificación por viabilidad

El proyecto es viable ya que puede mejorar la capacidad de suelo en estudio, así también de mejorar sus características mecánicas y físicas del suelo. Al mejorar la

estabilidad del suelo mejoramos el CBR obtenido en los ensayos de laboratorio para así poder construir una obra duradera a menor costo.

Para la realización de este proyecto fue necesario contar con los recursos e indagación necesaria por lo que se hace posible su realización y viabilidad en el proceso.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

La adición de cloruro de sodio influye favorablemente en la estabilización de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo.

1.4.2 Hipótesis específicos

- Las características mecánicas del cloruro de sodio influyen significativamente en la resistencia del suelo la estabilización de la subrasante vial en suelos expansivos de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo.
- Las características físicas del cloruro de sodio inciden significativamente en la reducción de la plasticidad en la estabilización de la subrasante vial en suelos expansivos de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo.
- El porcentaje de dosificación del cloruro de sodio interviene favorablemente en la estabilización de la subrasante vial en suelos expansivos de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo.

1.5 Variables

- Variable dependiente: Estabilización en subrasante de vías
 - Dimensiones
 - ✓ Capacidad portante en los suelos
 - ✓ Cohesión
 - ✓ Compactación
- Variable independiente: Cloruro de Sodio
 - Dimensiones
 - ✓ Características mecánicas

- ✓ Características físicas
- ✓ Porcentaje de dosificación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema.

2.1.1 Antecedentes internacionales.

Según **(Jaime, 2006)** en la tesis de maestro en ingeniería *“suelos expansivos”* fijo como objetivo de esta investigación *“la naturaleza y comportamiento de los suelos expansivos, así como los métodos para identificarlos y tratarlos a fin de evitar los daños que podrían provocar a las estructuras”*.

Aplicando una metodología la existencia de suelos que muestran cambios característicos de volumen al estar sometidos a cambios en su contenido de humedad. En lo cual se pudo hacer una exploración de algunos de los progresos desarrollados a lo largo de los últimos 70 años según el entendimiento de su entorno y sobre los métodos desarrollados para adecuarlos. De igual manera se pretende efectuar un momento de ingenio de los suelos expansivos.

Finalmente señala la conclusión siguiente se puede marcar el esfuerzo que se ha logrado en el perfeccionamiento fundamental de concretar el comportamiento de dichos suelos y lograr ampliar teorías que pueda vaticinar su comportamiento. Una de las ramas de la ingeniería civil que es la geotecnia no ha estado en constante avance, debido a que son pocos laboratorios que realizan mediciones de aspiración al suelo para gallar su cambio volumétrico. El resultado de esto se comprende si creemos que el costo inicial de una cimentación sobre este tipo de suelo es una causa principal en la elección del esquema. En consecuencia el diseño de la cimentación está entre los rangos permisibles de costo y calidad en un tiempo de plazo determinado por lo cual es de suma importancia razonar sobre la estabilización del suelo expansivo.

Según **(Sánchez, 2007)** en el trabajo de indagación de pregrado *“Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector calcical del cantón Tosagua provincia de Manabí”* fijo como objetivo de esta indagación del comportamiento de las participaciones del suelo como por ejemplo las físicas y las mecánicas de parte de calcical del cantón tosagua, al desarrollar la investigación lo describe como un material del suelo del tipo CH (arcilla de alta plasticidad), que tiene un gran potencial expansivo.

Aplicando una metodología la investigación se fundamenta en la incorporación de un estabilizador al suelo, como agente estabilizador se toma la cal viva y el cemento portland puzolánico, con el objetivo de comparar la transición en el comportamiento del suelo.

Encontrando los siguientes resultados para efectuar el estudio se ejecutaron ensayos para poder establecer las propiedades del suelo, para luego determinar su presión de hinchamiento y en consecuencia determinar el porcentaje de expansión que este suelo presenta, se hizo en estado natural y con la presencia de proporciones de estabilizante de 3, 5, y 7%.

Según (**Patrone, 2016**) la tesis de pregrado *“la acción de los suelos expansivos sobre las cimentaciones metodologías de prevención y control”* fijo como objetivo que al dividir el suelo se logra identificar las patologías en su organización que están en contacto con el suelo. Algunas de esas patologías son los asentamientos diferenciales, agrietamientos y fisuras, todo esto se debe al hinchamiento del suelo.

Aplicando una metodología este trabajo de investigación está basado en la experiencia del autor y la bibliografía encontrada acerca del tema propuesto, lograr asemejar los suelos expansivos, las variables que median en las anomalías de expansión y como poder tratar a los suelos expansivos. Es de suma importancia poder desarrollar una correcta cimentación reduciendo el potencial expansivo del suelo en estudio. Para finalizar fue necesario recabar información sobre el tema tratado mediante antecedentes donde se puedan apreciar las patologías que son motivadas en la cimentación por este tipo de suelos en lo cual se recabó información de una planta industrial ubicada en Montevideo, que en ese lugar presenta patologías equivalentes a la expansión del suelo.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Según (**Rosales, 2014**), en la tesis de pregrado *“determinación de la deformación elástica y el módulo de elasticidad en suelos expansivos mediante ensayos de expansión libre y consolidación”* logró determinar el equitativo del trabajo de investigación que fue establecer la deformación elástica y el módulo de elasticidad en arcillas expansivas.

Aplicando una metodología se logró procesar ensayos en laboratorio de expansión libre, luego sobre las ejemplares expandidas se desarrollaron ensayos de consolidación. Para un ejemplar original se desarrollaron diferentes ciclos de cargar

y descarga para luego conseguir una curva que se superponen a un comportamiento elástico. Para lograr realizar la curva se delineó una línea por el origen de la curva una paralela a su posterior fase de histéresis, el cual es correspondido a la tangente de la curva.

Finalmente señala la conclusión siguiente la línea tangente a la curva de consolidación al intersectarse con la línea de continuación delineada por la carga descrita se logra acuerda la deformación elástica y la deformación plástica de maneras muy autónomas.

Según **(Palomino, 2016)**, en la trabajo de pregrado “Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice california Bearing ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca 2016” fijo como objetivo de esta investigación que es evaluar como atribución de la suma de cloruro de sodio en el índice California Bearing Ratio de un suelo arcilloso, usando laboratorio para determinar ensayos físicos, mecánicos y poder determinar un acertado observación.

Aplicando una metodología de forma práctica para obtener un análisis de suelo arcilloso insitu, se efectuó el procedimiento extrayendo una ejemplares de suelo, en el cual se le realizaron ensayos correspondientes para poder catalogar el suelo y poder identificar sus propiedades.

Finalmente señala la conclusión siguiente se logró evaluar influencia del complemento de cloruro de sodio en el índice del CBR de un suelo arcilloso. Además también se logró estipular una diferenciación en el índice de plasticidad el cual estuvo acortando al incrementar la dosificación de cloruro de sodio.

Según **(Cáceres, 2018)**, en la tesis de pregrado “*Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la franja del puente de Añashuayco para usarlo como base y comparación frente a un pavimento convencional*” fijo como objetivo de esta investigación mostrar cómo influye el estabilizador en el mejoramiento de las propiedades del suelo para lograr ser usado como una capa de base, en forma de la añadidura de un polímero acrílico en disímiles proporciones en relación al contenido de humedad óptimo del suelo.

Aplicando una metodología se logró realizar un ascenso que se vio manifestado en un incremento en la contenido de soporte del suelo, para ello se realizaron ensayos de lo cual se logró el ampliación de la densidad seca máxima y un incremento en la firmeza a compresión. Se efectúa una representación del polímero acrílico,

mostrando sus propiedades físicas, químicas y su composición, que fueron de beneficio para su uso en suelos. Pues que se indicó precedentemente, la estabilización fue utilizando un polímero acrílico, de tal manera se ejecutaron varios ensayos de laboratorio a diferentes proporciones de polímero.

Seguidamente de los datos conseguidos, se derivó a desarrollar un balance entre costo y beneficio entre el diseño de un pavimento estabilizado y el de un pavimento convencional.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Estabilización de suelos expansivos

Existen múltiples conceptos congruentes sobre la estabilización de suelos, por lo que podríamos afirmar lo siguiente. La estabilización de suelos es aquel procedimiento de naturaleza mecánica, química, eléctrica, etc., por el cual mejoramos alguna propiedad ingenieril del suelo (en general propiedades mecánicas). (Gerardo Echevarría et al., 2010) De acuerdo con, los requerimientos que necesitemos del suelo, la estabilización de suelos ocasiona las consiguientes ventajas:

- Mejoramiento de materiales del suelo: En suelos donde se va a cimentar por ejemplo suelos orgánicos, cohesivos y arcillosos donde no son apropiados para la situación para la cual se va a desempeñar.
- Mejoramiento de la resistencia: Es de vital importancia en la construcción de obras civiles como carreteras.
- Mejoramiento de la durabilidad: Afirmando así su durabilidad a lo largo de su vida útil de la obra.

2.2.1.1 Estabilidad volumétrica

Este tipo de problemas se originan en suelos arcillosos (expansibles), arenosos (licuefactibles ante posibles cargas dinámicas), y en suelos colapsables. Generalmente los problemas anteriormente indicados se presentan debido a cambios de la humedad del suelo, ya sea por infiltraciones superficiales, cambio en el clima, o presencia de nivel freático. Los suelos arcillosos son los que principalmente presentan este problema. Estos suelos tienen la capacidad de cambiar su volumen ya sea por hinchamiento o retracción debido al Contenido de humedad presente.

La finalidad fundamental en este tipo de suelos es convertir el volumen de suelo (estado plástico) en un volumen rígido (para evitar cualquier tipo de deformación) o en volumen de suelo granulado, pero manteniendo una mínima capacidad de expansión.

2.2.1.2 Capacidad de Soporte

Debido a que la mayor parte de fallas en suelos son las fallas por desplazamiento (fallas de corte), es prudente saber la resistencia a este tipo de falla en el suelo. Existen diversos métodos para determinar esta resistencia tales como ensayos de corte directo, ensayos triaxiales; sin embargo, el ensayo más usado para determinar esta resistencia es el ensayo de penetración, conocido como CBR (California Bearing Ratio).

2.2.2 Caracterización de los suelos.

Al momento de hacer una caracterización de un suelo se tiene que llevar a cabo mediante de dos tipologías de cuantificaciones acreditados como medidas de naturaleza y cuantificaciones de estado. Se presentara seguidamente cada uno de ellos:

2.2.2.1 Análisis de la granulometría.

La granulometría de un suelo es la dimensión de las partículas que intervienen en la constitución del suelo que personifican. En su composición los suelos presentas propiedades (físicas y mecánicas) en relación continua de su granulometría y es de suma importancia lograr cuantificar su comportamiento físico y mecánico, al momento de estar sometido a cargas.

2.2.2.2. Límites de consistencia

Los límites de Atterberg se usan para describir los comportamientos de los suelos con partículas finas.

En los lugares de transición de una fase a otra muestran contenidos de humedad que son designados límites de Atterberg. Las características del suelo hecho por granos debidamente fraccionadas, un ejemplo de esto es la arcilla, obedece en gran fracción al contenido de humedad. La humedad formada por el agua forma una telilla entorno a las partículas y su grosor logra ser concluyente para generar un comportamiento del material. Para demostrar mejor el límite de Atterberg se dará un ejemplo de una porción de arcilla. Al momento de agregar agua a la

arcilla esta se halla en estado líquido, el agua chorrea con mucha facilidad, pero a medida que se volatiliza el agua contenida, va formándose algo plástica. Hay un intervalo de tiempo donde la porción de arcilla transita de estado líquido al estado plástico. El límite entre los dos estados está representado por el contenido de humedad y es denominado límite líquido. Si sigue la disipación de agua, la porción de arcilla disminuirá plasticidad y llegara a secarse hasta alcanzar una firmeza semisólida. Se puede denominar a este proceso de cambio de estado semisólido a plástico como límite plástico. Seguidamente lograr conseguir un último límite donde se ubica en el límite del estado semisólido al estado sólido denominado como límite de contracción.

2.2.3 Clasificación de los suelos

Según (Bañon, 2010). Una apropiada e inflexible tipificación con lleva al profesional de carreteras obtener una inicial representación aproximada del comportamiento que se esperar de un suelo para una cimentación firme. Explícitas las particularidades de las superficies, se logra evaluar con bastante acercamiento el comportamiento del suelo, fundamentalmente con la comprensión del análisis granulométrico, índice de plasticidad e índice de grupo para después poder clasificar los suelos.

La simbolización de los suelos se desarrollará bajo el procedimiento expuesto en el consiguiente cuadro. Seguidamente en la tabla número 1 se muestra una correspondencia de los sistemas de clasificación más conocido, AASHTO y ASTM:

Tabla 1: Clasificación de suelo

Clasificación de suelos AASHTO	Clasificación de suelos ASTM
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: Palomino Saldaña; Yelsin, 2010

2.2.4 Subrasante de vías

2.2.4.1 Subrasante

Es una capa que está contenido en la superficie natural, además de ser el soporte del pavimento. Cuando se hace el diseño de un pavimento se habrá que delimitar el suelo de cimentación y luego de ello realizar los ensayos insitu y en laboratorio para obtener las propiedades del suelo. Según (Montejo Fonseca, 2002).

Para hacer un diseño de pavimentos se corresponden suponer cuatro componentes significativos. El inicial es el tránsito, importa para dar dimensiones al pavimento, según las cargas para las cual va ser diseñado durante el tiempo de diseño acogido. Seguidamente otro componente es el clima, es de suma importancia suponer los efectos de las lluvias y los cambios de temperatura en el deterioro del pavimento, también este constituyente interviene en la resistencia. Seguidamente otro factor es el material útil, ya que en algunos lugares de diferentes accesos es difícil encontrar un material conveniente por eso se debe seleccionar el más adecuado que esté relacionado a la economía y tiempo. Y por último otro constituyente es la calidad de la capa que está en función del espesor del pavimento, sea esta flexible o rígida como medida de valoración se hace los ensayos en laboratorio para determinar su deformación y cambios volumétricos del suelos expansivos que generan daños al pavimento como agrietamientos o fisuras.

Según el CBR se caracterizaran 6 clases de subrasante:

- ❖ S₀: Subrasante de baja calidad o inadecuada (CBR < 3%)
- ❖ S₁: Subrasante pobre (CBR = 3% - 5%)
- ❖ S₂: Subrasante regular (CBR = 6 – 10 %)
- ❖ S₃: Subrasante buena (CBR = 11 - 19%)
- ❖ S₄: Subrasante buena calidad o muy buena (CBR = 20 - 29%)
- ❖ S₅: Subrasante Excelente (CBR > 30%)

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

Según, (Hernández Sampieri, y otros, 2010). El método científico es un contiguo de movimientos, metodologías y maneras que se aprovechan para manifestar y solventar problemas de indagación en forma de prueba o validación de hipótesis.

Bajo estas consideraciones el método aplicar es **científico**.

3.1.2 Alcances de la investigación

3.1.2.1 Tipo de investigación

De acuerdo (Tam Málaga J). La indagación es básica debido a que el primordial objetivo es optimizar el discernimiento de los fenómenos sociales, para luego crear deducciones que favorezcan a la sociedad en un tiempo contiguo, esta investigación es necesaria para la ayuda socioeconómica en el tiempo establecido. La presente investigación busca explicar la influencia del estabilizador en el mejoramiento de las características de la subrasante.

3.1.2.2 Nivel de investigación

De acuerdo (Sifontes, 2002). “Las investigaciones descriptivas indican que cuando se realiza una investigación se debe explicar el nivel de profundidad que tendrá dicha investigación.

El nivel es **descriptiva** debido a que damos a conocer las características del estabilizador para mejorar las propiedades de la subrasante.

3.2 Diseño de la Investigación

Según (Hernández Sampieri, y otros, 2010). Los diseños no experimentales en un proyecto de investigación se podrían definir como las investigaciones que se realizan sin ningún tipo de manipulación intencional de variables, en las investigaciones no

experimentales la variable independiente ocurren y no se tiene control directo sobre estas. En el caso de esta investigación solo se describirá como va a influir el cloruro de sodio en la estabilización de subrasante. El diseño del proyecto de investigación con la cual se llevará a cabo es **no experimental**.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La población en estudio son las avenidas y vías del distrito de Chilca que exhiben patologías análogas en su distribución ya que en las zonas mencionadas concurren suelos expansivos, cuyas peculiaridades son de suma importancia para el actual trabajo de investigación.

3.3.2 Muestra

La muestra no es probabilística, debido a que no se designó un juicio del azar, sino el de conveniencia, por lo consiguiente la población fue constituida por las avenidas y vías del distrito de Chilca y como muestra fue la avenida Jacinto Ibarra en el distrito de Chilca, que fue de interés para la evaluación de esta investigación.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Como trabajo preliminar se ha revisado algunos antecedentes (Velásquez, 2018) para tomar en cuenta el proceso que se sigue para la realización del presente trabajo de investigación para ello se empleó técnicas directas como la recopilación de información de los trabajos de investigación relacionadas a la estabilización de suelos. Primeramente la metodología de estabilización con cloruro de sodio del manual de suelos, canteras y pavimentos del MTC que permitió determinar el porcentaje óptimo de sodio para estabilizar la arcilla de alta plasticidad con lo que se está trabajando. La segunda técnica de recolección de datos fue la búsqueda de trabajos de investigación, artículos relacionados a la estabilización de subrasante de vías basándose en las normas existentes.

Según las investigaciones realizadas los ensayos que se realizaron en los trabajos de investigación muestran los puntos de investigación que fueron llevados al recinto y en ellos se efectuaron las consiguientes verificaciones:

- ❖ Contenido de humedad
- ❖ Análisis granulométrico
- ❖ Límite líquido
- ❖ Límite plástico
- ❖ Peso epf material fino
- ❖ Proctor modificado
- ❖ California Bearing ratio

Para luego registrar la información necesaria. Por último, se utilizó software como Excel, SPSS, Word, entre otros para el procesamiento de los datos y obtención de resultados mediante gráficos estadísticos de barras, gráficos lineales, histogramas, áreas, etc.

Instrumentos de recolección de datos

Se hizo la consulta de trabajos de investigación, libros, informes, revistas y documentos oficiales, para luego hacer una selección de esta materia para su uso en la investigación.

Los equipos que se emplearon en los trabajos de investigación sirvieron para poder realizar cada ensayo en laboratorio. En la Norma Técnica especifica muy detalladamente las características, dimensiones y de qué tipo de material están fabricados los equipos utilizados en los ensayos.

Se consideró como herramienta de recolección de información, los formatos estandarizados de los ensayos de laboratorio según las especificaciones del MTC, del Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos. La metodología, los ensayos, formatos de registro de datos de los ensayos realizados y calibración de los equipos son validados internacionalmente por AASHTO y MTC E por lo que se garantiza confiabilidad del instrumento.

CAPITULO IV

RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de laboratorio.

Según (Palomino, 2016) seguidamente de logra concluir con los verificaciones de laboratorio así como el recopilación de fichas, se dará a conocer los deducciones emanadas en las pruebas establecidos para la estabilización con cloruro de sodio.

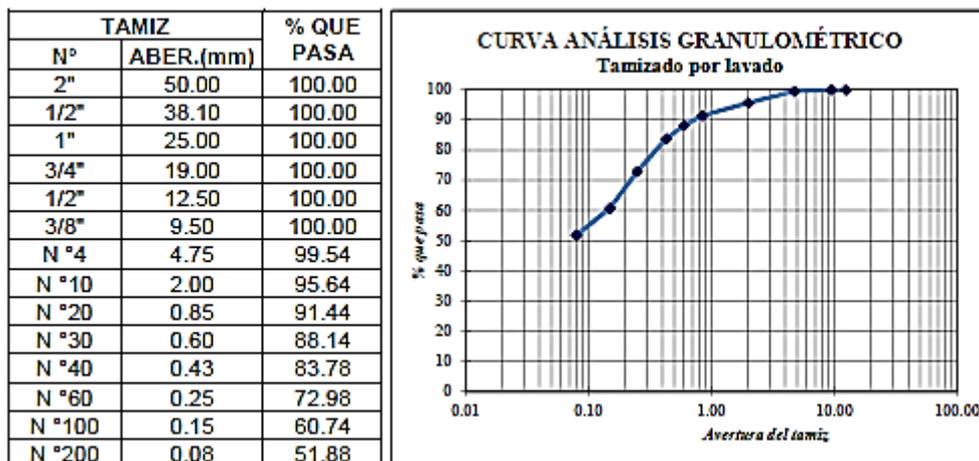
4.1.1 Contenido de humedad

El resultado intermedio obtenidos en el valor del contenido de humedad es de 23.29% en la espécimen de suelo.

4.1.2 Análisis granulométrico

El resultado que se muestra a continuación es de acuerdo a las relaciones pasantes por los tamices conseguidos a través del ensayo de granulometría por lavado.

Tabla 2: Análisis granulométrico por lavado



Fuente: Palomino Saldaña; Yelsin, 2016

4.1.3 Ensayo de límites de Atterberg

Seguidamente en la tabla se muestra los valores obtenidos en el ensayo de límites de Atterberg específicamente del límite plástico, límite líquido e índice de plasticidad.

Tabla 3: Límites de Atterberg

Descripción		Muestra Patrón	Muestra 4% NaCl	Muestra 8% NaCl	Muestra 12% NaCl
Límites de Atterberg (%)	Límite líquido	27.00	24.00	22.00	19.00
	Límite plástico	16.00	15.00	14.00	13.00
	Índice de plasticidad	11.00	9.00	8.00	6.00

Fuente: Palomino Saldaña; Yelsin, 2016

4.1.4 Peso específico material fino

En subsecuente tabla se presenta los valores obtenidos en el ensayo de peso específico para la muestra estándar y para los diferentes porcentajes de cloruro de sodio (4%, 8% y 12%).

Tabla 4: Ensayo peso específico

Descripción	Muestra Patrón	Muestra 4% NaCl	Muestra 8% NaCl	Muestra 12% NaCl
Peso específico de muestra (gr/cm ³)	2.25	2.29	2.31	2.36

Fuente: Palomino Saldaña; Yelsin, 2016

4.1.5 Clasificación del suelo

Para poder clasificar el suelo fue necesario realizar los reconocimientos de análisis granulométrico por lavado y el ensayo de límites de Atterberg, se derivó a caracterizar con la ayuda del sistema unificado de clasificación de suelos usando la carta de plasticidad de Casagrande, lográndose obtener una arcilla de baja plasticidad (CL).

4.1.6 Ensayo de proctor modificado

En sucesiva tabla se muestra los valores conseguidos en el ensayo de proctor modificado, como son la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad, para los porcentajes de cloruro de sodio de: 4%, 8% y 12%.

Tabla 5: Proctor Modificado

Descripción		Muestra Patrón	Muestra 4% NaCl	Muestra 8% NaCl	Muestra 12% NaCl
Proctor Modificado	Densidad máxima seca (gr/cm ³)	1.900	1.945	1.971	2.055
	Humedad Óptima (%)	10.232	10.392	10.302	10.151

Fuente: Palomino Saldaña; Yelsin, 2016

4.1.7 Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)

Seguidamente se presenta los resultados obtenidos en el ensayo de California Bearing Ratio tanto para 0.1" y 0.2".

Tabla 6: California Bearing Ratio (CBR)

Descripción		Muestra Patrón	Muestra 4% NaCl	Muestra 8% NaCl	Muestra 12% NaCl
California Bearing Ratio (CBR)	CBR 0.1" (%)	4.43	4.50	4.70	4.85
	CBR 0.2" (%)	4.85	5.01	5.21	5.32

Fuente: Palomino Saldaña; Yelsin, 2016

4.2 Discusión

De nuestra hipótesis planteada se pudo contrastar con los resultados logrados que la adición de cloruro de sodio influye favorablemente en la estabilización de la subrasante de suelo expansivo; en consecuencia se admite la hipótesis general planteada inicialmente en la presente investigación.

En correspondencia de la primera y segunda hipótesis específica planteada se puede afirmar lo siguiente que el cloruro de sodio incrementa las propiedades mecánicas y físicas del suelo en estudio. Estas mejoras son: extender su resistencia del suelo, subyugar su plasticidad del suelo, ayudar en los trabajos de obra o acrecentar su estabilidad disminuyendo los inconvenientes en los pavimentos. Por lo tanto, se aceptan estas dos hipótesis específicas planteadas demostrando que la adición de cloruro de sodio ayuda en mejorar las propiedades mecánicas y físicas del suelo.

Con respecto a la tercera hipótesis “El porcentaje de dosificación del cloruro de sodio interviene favorablemente en la estabilización de la subrasante vial en suelos expansivos de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo, luego de los resultados obtenidos podemos afirmar en forma acertada que al aumentar la dosificación de cloruro de sodio mejorar las propiedades el suelo. En consecuencia se admite la tercera hipótesis específica planteada.

CONCLUSIONES

1. Se comprobó que al acrecentar el cloruro de sodio en proporciones de 4%, 8% y 12% mejora las propiedades mecánicas, aumentando la resistencia, incrementando el valor del California Bearing Ratio hasta un 12.5% en asimilación a la espécimen estándar.
2. Se comprobó que la incrementar el cloruro de sodio en proporciones instituidas mejora las propiedades físicas, reduciendo el índice de plasticidad al añadir mayor proporción de cloruro de sodio, obteniendo un índice de plasticidad para la espécimen de suelos original de 11.00% sin adicionar cloruro de sodio, 9.00% agregando 4% de cloruro de sodio, 8.00% agregando 8% de cloruro de sodio y 6.22% agregando 12% de cloruro de sodio.
3. Mediante los ensayos realizados se comprobó que una correcta dosificación de cloruro de sodio mejora la capacidad del suelo, comprobando la hipótesis planteada en el trabajo de investigación presente. Según la variación de la relación de cloruro de sodio añadido se apreció en los resultados que ayuda a mejorar todas las características del suelo en estudio.
4. Se observó al realizar los ensayos el suelo estabilizado con cloruro de sodio a mayor es la proporción que se manipule aumenta su trabajabilidad y la compactación se realiza de manera rápida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Caceres, Roberto.** *Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del de Añashuayco para su uso como base y comparación frente a un pavimento convencional.* Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa : 2018.
2. **Carrillo Gil, Arnaldo.** *Suelos expansivos.* Universidad Nacional de Ingeniería, Lima : 2009.
3. *Estabilización química de suelos.* **Echevarría, Gerardo, Thenoux, Guillermo y Solminihac, Hernán.** 2, Chile : Constructores lml, 2013, Vol. II. 104530-43-356.
4. **Jaime Paredes , Alberto.** *Suelos expansivos.* Universidad Nacional Autónoma de México, México : 2006.
5. *Tipos, métodos y estrategias de investigación científica.* **Malaga, Tam, Vera, Giovanna y Oliveros, Ricardo.** 1, Lima : Escuela de Posgrado, 2008, Vol. I. 356-47045-2-6.
6. **Montejo Fonseca, Alfonso.** *Ingeniería de pavimentos para carreteras.* Colombia : Agora Editores, 2002. ISBN: 958-96036-2-9.
7. *Estabilización química de suelos - Caracterización del estabilizado y evaluación de propiedades de comportamiento del suelo mejorado.* **MTC.** Lima : s.n., 2013.
8. **Palomino y Yelsin.** *Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice californiano bearing ratio (CBR) de un suelo arcilloso, cajamarca 2016.* Universidad Privada del Norte, Lima : 2016.
9. **Patrone, Julio y Prefumo, José.** *La acción de los suelos expansivos sobre las cimentaciones métodos de prevención y control.* Universidad de Montevideo, Montevideo : 2016.
10. **Rosales Asto, Erick Abad.** *Determinación de la deformación elástica y el módulo de elasticidad en suelos expansivos mediante ensayos de expansión libre y consolidación.* Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima : 2014.
11. **Sánchez Albán, María Angélica.** *Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector calcical del cantón tosagua provincia de manabí.* Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito : 2014.

12. **Sifontes, Domingo.** *Nivel de investigación.* Mexico : 2002.
13. **Velásquez, Luis.** *Técnicas de recolección de datos.* Universidad de Madrid, Madrid : 2018.
14. **Bañón, L y Beviá, Jos.** *Manual de carreteras construcción y mantenimiento.* Alicante : Ortiz e Hijos, Contatista de Obras, S.A., 2010. 84-607-0123-9.
15. **Hernández, Robert y Fernández, Carlos.** *Metodología de la investigación.* México : Interamericana Editores, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: **ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE VIAS EN SUELOS EXPANSIVOS CON CLORURO DE SODIO -AVENIDA JACINTO IBARRA, DISTRITO CHILCA – HUANCAYO 2020**

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>Problema general</p> <p>¿De qué manera influye el cloruro de sodio en la estabilización de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar la influencia del cloruro de sodio en la estabilización de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La adición de cloruro de sodio influye favorablemente en la estabilización de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo.</p>	<p>CLORURO DE SODIO</p>	<p>D1: CARACTERISTICAS MECANICAS</p>	<p>I1: Cohesión I2: Peso volumétrico 3% I3: Resistencia a la compresión 3%</p>
<p>Problemas específicos:</p> <p>¿En qué medida influye el cloruro de sodio en la modificación de las características mecánicas de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo?</p> <p>¿En qué medida influye el cloruro de sodio en la modificación características físicas de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <p>Determinar en qué medida influye el cloruro de sodio en la modificación de las características mecánicas de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo.</p> <p>Determinar en qué medida influye el cloruro de sodio en la modificación características físicas de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto</p>	<p>Hipótesis específicas:</p> <p>Las características mecánicas del cloruro de sodio influyen significativamente en la resistencia del suelo la estabilización de la subrasante vial en suelos expansivos de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo.</p> <p>Las características físicas del cloruro de sodio inciden significativamente en la reducción de la plasticidad en la estabilización de la subrasante vial en suelos expansivos de la avenida</p>		<p>D2: CARACTERISTICAS FISICAS</p> <p>D3: PORCENTAJE DE DOSIFICACIÓN</p> <p>D1: CAPACIDAD PORTANTE EN LOS SUELOS</p> <p>D2: COHESION</p>	<p>I1: Análisis granulométrico I2: Gravedad específica I3: límite de consistencia</p> <p>I1: LL/LP >50 altas (limos y arcillas) I2: LL/LP < 50 bajas (limos y arcillas)</p> <p>I1: CBR POBRE 0-3 I2: CBR REGULAR 3-7 I3: CBR BUENA 7-20</p> <p>I1: CORTE DIRECTO I2: CORTE DIRECTO I3: CORTE DIRECTO</p>

<p>Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo?</p> <p>¿En qué medida una dosificación adecuada de cloruro de sodio influye en la estabilidad de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo?</p>	<p>Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo.</p> <p>Determinar en qué medida una dosificación adecuada de cloruro de sodio influye en la estabilidad de la subrasante de suelo expansivo de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo.</p>	<p>Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo.</p> <p>El porcentaje de dosificación del cloruro de sodio interviene favorablemente en la estabilización de la subrasante vial en suelos expansivos de la avenida Jacinto Ibarra del distrito de Chilca – Huancayo.</p>		<p>D3: COMPACTACIÓN</p>	<p>11: PROCTOR- OCH 14% 12: PROCTOR - OCH 15% 13:PROCTOC - OCH 18%</p>
--	--	--	--	--------------------------------	---