

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL
SUELO CON ADICION DE CLORURO DE SODIO EN LA CALLE
ANTIVAL, SUPE, BARRANCA**

PRESENTADO POR:

**MELGAREJO PAULINO, LISBETH AZUCENA
REYES DE LA CRUZ, EVA SOFIA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ASESOR:

M(°). SLEYTHER ARTURO DE LA CRUZ VEGA

HUACHO – PERÚ

2022

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL SUELO CON ADICION DE CLORURO DE SODIO EN LA CALLE ANTIVAL, SUPE, BARRANCA

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	2%
4	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	1%

**ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL
SUELO CON ADICION DE CLORURO DE SODIO EN LA CALLE
ANTIVAL, SUPE, BARRANCA**

MELGAREJO PAULINO, LISBETH AZUCENA

REYES DE LA CRUZ, EVA SOFIA

TESIS

M(°). SLEYTHER ARTURO DE LA CRUZ VEGA

UNIVERSIDAD NACIONAL

JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

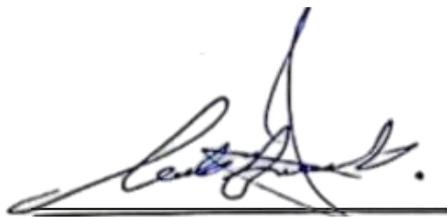
HUACHO

2022



PRESIDENTE

Mg. SANCHEZ GUZMAN JORGE ANTONIO



SECRETARIO

Mg. BERNAL VALLADARES CARLOS ENRIQUE



VOCAL

Mg. BARRENECHEA ALVARADO JULIO CESAR



ASESOR

Mg. DE LA CRUZ VEGA SLEYTHER ARTURO

DEDICATORIA

A mis padres y a mi hermano, quienes han sido mis pilares y mi motivación para seguir adelante; porque han fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida.

También a las personas de mi entorno quienes estuvieron apoyándome en todo este proceso y depositaron su confianza en mí.

Melgarejo Paulino Lisbeth Azucena

A mis queridos padres Piero e Irene, por haber ayudado a formar la persona que soy en la actualidad, a mi querida hermana Mariana por haberme acompañado en todo el proceso.

También a aquellas personas que guardo gran afecto, por siempre haber confiado en mí y apoyado incondicionalmente.

Reyes De La Cruz Eva Sofía

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiar mis pasos día a día.
A mi familia por el esfuerzo inmenso que han hecho por ayudarme a cumplir con mis metas y la confianza que depositaron en mi durante todo este proceso. También a los docentes, personas de gran sabiduría que fueron parte fundamental para mi formación en la carrera durante todos estos años.

Melgarejo Paulino Lisbeth Azucena

Agradezco a mi familia por siempre estar conmigo, a mis padres por darme el ejemplo de lo que es resiliencia, humildad y superación; enseñándome así a valorar todo lo que tengo. También a los docentes que fueron parte integral para mi formación en la carrera y a todos los seres que han sido parte de mi inspiración.

Reyes De La Cruz, Eva Sofía

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE DE CONTENIDOS	6
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	14
1.2. Formulación del Problema	17
1.2.1. Problema General.	17
1.2.2. Problemas específicos.	17
1.3. Objetivos de la Investigación.	18
1.3.1. Objetivo general.	18
1.3.2. Objetivos específicos.	18
1.4. Justificación de la Investigación	18
1.5. Delimitación del estudio	19
1.6. Viabilidad del estudio	19
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes de la Investigación	21
2.1.1. Investigaciones Internacionales	21
2.1.2. Investigaciones Nacionales	23
2.2. Bases teóricas	25
2.3. Bases filosóficas	45
CAPÍTULO III	50
METODOLOGÍA	50

3.1.	Diseño Metodológico	50
3.1.1.	Tipo De Investigación	50
3.1.2.	Diseño de Investigación:	50
3.1.3.	Enfoque de la Investigación:	51
3.2.	Población y muestra	51
3.2.1.	Población	51
3.2.2.	Muestra	51
3.3.	Técnicas de recolección de datos	51
3.4.	Técnicas para el procesamiento de la información	52
	CAPÍTULO IV	53
	RESULTADOS	53
4.1.	Análisis de Resultados	53
	CAPÍTULO V	62
	DISCUSIÓN	62
5.1.	Discusión de resultados	62
	CAPÍTULO VI	64
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
6.1.	Conclusiones	64
6.2.	Recomendaciones	64
	REFERENCIAS	65
7.1.	Fuentes documentales	65
7.2.	Fuentes bibliográficas	66
7.3.	Fuentes electronicas	67
	ANEXOS	68
	ANEXO 1: ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO DEL SUELO NATURAL	68
	ANEXO 2: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO NATURAL	69
	ANEXO 3: LIMITES DE CONSISTENCIA DEL SUELO NATURAL	70

ANEXO 4: RELACIÓN DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) DEL SUELO NATURAL	71
ANEXO 5: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO CON ADICION DE CLORURO DE SODIO	72
ANEXO 6: LIMITES DE CONSISTENCIA DEL SUELO CON ADICION DE CLORURO DE SODIO	73
ANEXO 7: RELACIÓN DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) DEL SUELO CON ADICION DE CLORURO DE SODIO	74
ANEXO 8: MATRIZ DE CONSISTENCIA	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de suelos según Tamaño de partículas	35
Tabla 2 Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad	38
Tabla 3 Características típicas de sal	41
Tabla 4 Operacionalización de Variables	49
Tabla 5 Recolección de datos	51
Tabla 6 Análisis granulométrico por tamizado	54
Tabla 7 Determinación del contenido de humedad del suelo en estado natural	55
Tabla 8 Determinación del contenido de humedad con adición de cloruro de sodio.....	55
Tabla 9 Determinación del límite líquido en estado natural.....	57
Tabla 10 Determinación del límite líquido con adición de cloruro de sodio	58
Tabla 11 Relación densidad/ humedad (Proctor) en estado natural.	59
Tabla 12 Relación densidad/humedad (Proctor) con adición de cloruro de sodio.....	60
Tabla 13 Matriz de consistencia	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Curva de Proctor.....	33
Figura 2 Aplicación de cloruro de sodio al suelo en grano	43
Figura 3 Aplicación de cloruro de sodio al suelo en Salmuera	44
Figura 4 Curva Granulométrica	54
Figura 5 Variación de contenido de humedad	56
Figura 6 Gráfico Contenido de Humedad a 25 Golpes.....	57
Figura 7 Gráfico Contenido de Humedad a 25 Golpes con adición de cloruro de sodio	58
Figura 8 Gráfico relación humedad - densidad seca en estado natural.....	59
Figura 9 Gráfico relación humedad - densidad seca con adición de cloruro de sodio	60
Figura 10 Análisis de relación humedad/ densidad seca	61

RESUMEN

Su objetivo fue determinar las propiedades físico-mecánico del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca.

La metodología empleada según la finalidad será el aplicada con carácter experimental, la población se encuentra conformada por las vías no pavimentadas del distrito de Supe, Barranca. La muestra con la que se procederá al desarrollo de la investigación será de los 0.5 km en la calle Antival, Supe, Barranca.

Los principales resultados mostraron que la variación del proctor modificado del suelo con adición de cloruro de sodio aumenta significativamente con respecto al suelo en estado natural.

Palabras clave: suelo, cloruro de sodio, proctor, densidad

ABSTRACT

Its objective was to determine the physical-mechanical properties of the soil with the addition of sodium chloride in Antival street, Supe, Barranca.

The methodology used according to the purpose will be applied on an experimental basis, the population is made up of unpaved roads in the district of Supe, Barranca. The sample with which the development of the investigation will proceed will be 0.5 km in Antival street, Supe, Barranca.

The main results showed that the variation of the modified proctor of the soil with the addition of sodium chloride increases significantly with respect to the soil in its natural state.

Keywords: soil, sodium chloride, proctor, density

INTRODUCCIÓN

La siguiente tesis se encuentra estructurada según los siguientes capítulos:

En el capítulo I se muestra la descripción de la realidad problemática a nivel mundial, nacional y local. Asimismo, se formula el problema, se indican los objetivos, se justifica la investigación, se delimita el estudio y se da viabilidad del estudio.

En el capítulo II se estructuran los antecedentes internacionales y nacionales, las principales bases teóricas, bases filosóficas, definición de términos básicos, hipótesis de la investigación y operacionalización de las variables que ayudan a la investigación.

En el capítulo III se encuentra la metodología empleada, así como la población y la muestra, las técnicas para recolectar y procesar la información.

En el capítulo IV se describen los principales resultados de la investigación, así como la contrastación de hipótesis.

En el capítulo V se discuten los resultados con los principales antecedentes encontrados y se consolidan en una sola idea.

En el capítulo VI se estructuran las conclusiones de esta investigación y las recomendaciones a otros investigadores.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

Antiguamente las personas y los bienes se transportaban a pie o sobre un animal de carga por lo que los senderos eran suficientes para ello, pero al trascurrir el tiempo en ciertas zonas los suelos comenzaron a presentar ciertas irregularidades para el transporte de las personas, se empezaron a generar polvos, agrietamientos, etc. Es así como surge la necesidad de la estabilidad de ciertas superficies, la estabilidad es procedimiento que fue aplicado inicialmente por los romanos ante la necesidad del transporte de su ejército, como claro ejemplo se encuentra la vía Apia en la antigua Roma, la cual se conecta con Capua.

A nivel mundial, existen suelos los cuales no se encuentran aptos ya que se encuentran formados de un material con características que no son adecuadas para las obras que van a ser situados sobre él. El problema que se presenta regularmente es debido a los suelos arcillosos con características plásticas, este tipo de suelos sufren cambios volumétricos es decir que pueden hincharse como también encogerse debido a la presencia de humedad y además al no ser tan cohesivos cuentan con una baja capacidad para soportar cargas estructurales. En el caso de las vías terrestres, quienes son un elemento importante para el desarrollo de los países, no siempre cuenta con una subrasante ideal que será empleado en el desarrollo del diseño ya establecido, motivo que el

requisito es el mejoramiento del suelo para poder darle uso tomando en cuenta también el costo y la efectividad que esta generará.

Es por ello que a través del tiempo se ha estudiado las propiedades de los suelos para conseguir uno con las condiciones adecuadas para su utilización, surgiendo así la necesidad de estudiar a los agentes estabilizadores los cuales emplearan diversos métodos para llevarlo a cabo, mediante un proceso en el cual se va a someter al suelo natural a

cierto tratamiento de manera que se pueda obtener un suelo firme y estable, que cuente con la capacidad de soportar cargas y también a las condiciones de clima más intolerante. Los métodos empleados pueden ser físicos, químicos y mecánicos, en el caso del método físico este puede ser por confinamiento, preconsolidación, mezclas y vibroflotación; en el caso del método químico, se puede dar con la adición del cemento, sal, asfalto, cal, etc. Por último, en el caso del método mecánico, se dará por compactación. Así mismo se debe tener en cuenta el aspecto medio ambiental, ya que si se decidiera por el método físico de remover el suelo y sustituirlo por uno más friccional y que contenga una menor presión que le permita expandirse, ello afectaría al medio ambiente, muy aparte de que realizar este proceso estaría demandando un costo elevado. Sin embargo, la estabilización del suelo, mediante el método químico, nos resultará económico.

El Perú se encuentra compuesto por más de 78 000 km de carreteras, las cuales se encuentran agrupadas en carreteras de distintas clases, las cuales se denominan de la siguiente manera: Carretera de penetración, carreteras longitudinales y carreteras de enlace, donde se dice que dentro de una cantidad considerable son caminos afirmados es decir carreteras no pavimentadas, las cuales fueron construidas a base de ripio y tierra, estas serán diferenciadas en 3 tipos: La carretera que pertenecerán a la red nacional, las que forman parte de las vías secundarias y vecinales, y por ultimo las trochas carrozables.

En el Perú, existen algunos métodos, los cuales son los más usados para darle una mejora al suelo respecto a su estabilidad, cuyo método consisten en las mezclas con cemento, cal, el uso de geomallas, la sustitución del suelo, etc. Siendo este último un proceso costoso ya que implica el transporte del material hasta el lugar donde será empleado.

Sin embargo, con el transcurso del tiempo el factor socio ambiental también ha tenido impacto sobre todo en el campo de la construcción, lo cual conlleva a la búsqueda de soluciones a través de materiales convencionales que puedan ser usados en el suelo. Es así que la estabilización del suelo que parte del método químico ayuda a disminuir el impacto ambiental, evitando traer numerosas cantidades de material de préstamos que en su mayoría suelen proceder de canteras y también disminuye el volumen de excavaciones que se realizan en los vertederos.

A nivel regional se cuenta con muchas vías no pavimentadas, que, al transcurrir el tiempo gracias a los cambios climáticos, el tránsito de vehículos, empezaron a presentar deterioros en las vías, polvos, asentamiento de las estructuras, que posteriormente los lleva a colapsarse, de manera que la vida útil de las vías se ha ido reduciendo a causa de dichos factores, afectando así a las personas en la salud y el tránsito por estas vías.

El distrito de Supe, ubicado al norte de Lima, comprende una superficie de área total de 516.28 km², tiene una densidad poblacional de 47.10 hab/km² y con un total de 24318 hab. Según el último censo realizado por INEI al año 2017.

Su economía se encuentra basada en la agricultura, el turismo y la gastronomía, es aquí donde las vías toman un rol importante para el desarrollo de estos, como es en el caso de la agricultura donde hacen el uso continua de las vías para el transporte de las cosechas que se realizan en las zonas agrícolas ubicadas a una distancia un poco alejadas del centro de la ciudad para su posterior venta en los mercados, así mismo la gastronomía en conjunto con los lugares turísticos que ofrece la ciudad ha causado un incremento de tránsito en ciertas épocas del año, el cual ayuda a generar el desgaste de las vías pavimentadas, así mismo genera desgaste en las vías no pavimentadas, reduciendo su vida útil, motivo por el cual se presenta dificultades en la circulación de los vehículos por los tipos de vías anteriormente mencionados y también provocando la incomodidad y dificultad de las personas en la circulación. Las rutas no asfaltadas generara un incremento de tránsito vehicular va a generar emisiones de polvo debido al desprendimiento de finos, el cual viene a ser un factor importante ya que se vuelve una fuente de daño a la salud de las personas aledañas a este tipo de vías no pavimentadas, siendo este motivo de preocupación para las personas que se encuentran aledañas a estas calles, así mismo se presentarán ciertas patologías como es el caso de los baches,

calaminas, agrietamientos, hundimientos, los cuales estarán ubicados en ciertos tramos de las vías, en consecuencia ocasionaran incomodidad al momento del pase vehicular y también retrasará la llegada al destino debido a la reducción de velocidad que se realizará a causa de la presencia de las irregularidades ya mencionadas, en vista a estas dificultades se busca darle una solución óptima y económica que no afecte al medio ambiente, para ello existen estudios para encontrar el mejor agente estabilizador.

Con la indagación se busca estudiar las condiciones mecánicas-físicas de la superficie añadiendo un agente estabilizador, para ello se modificarán algunas condiciones como son las clasificaciones de flexibilidad, seguido de su tope, así mismo sufrirá modificaciones su límite plástico y su cohesión, lo cual nos llevará a obtener un resultado satisfactorio el cual consistirá en que el suelo tendrá una mejora, respecto a sus propiedades, tanto su ampliación de potencia y como la expansividad, dichas conclusiones deberán cubrir las necesidades económicas y ambientales del lugar.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General.

¿Cuáles son las propiedades físico-mecánico del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca?

1.2.2. Problemas específicos.

¿Cuál es la variación de humedad del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca?

¿Cuál es la variación del límite líquido del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca?

¿Cuál es la variación del proctor modificado del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo general:

Determinar cuáles son de las propiedades físico-mecánico del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca.

1.3.2. Objetivos específicos:

Determinar cuál es la variación de humedad del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca.

Determinar cuál es la variación del límite líquido del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca.

Determinar cuál es la variación del proctor modificado del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca.

1.4. Justificación de la Investigación

Justificación Social

La indagación se encuentra justificado socialmente ya que será de beneficio para los habitantes aledaños a las vías con suelo en estado natural, de igual manera para los vehículos que suelen transitar por dicha calle, ya que realizar el proceso de estabilizar la superficie de la región mediante la anexión de cloruro de sodio, el cual permitirá acabar con las deficiencias que presenta la vía en estado natural asegurando un mejor tránsito de vehículos y personas.

Justificación Práctica

La conclusión que se procesa en la investigación mostrados mediante los ensayos ejecutados en una sala con un tipo de superficie y con aditivo añadido, nos proporcionarán información acerca de la eficiencia del aditivo para su aplicación con el fin de conseguir

una estabilización óptima para que así se pueda llevar a cabo el mejoramiento de la calle Antival.

Justificación ambiental

Esta técnica de estabilización de suelos ayudará a reducir el impacto ambiental de distintas maneras ya sea evitando el transporte de enormes cargas de material de préstamo obtenido de las canteras y/o reduciendo el volumen de excavación del material situados en los vertederos, así mismo el cloruro de sodio mediante su anexión contribuirá y reducirá la polución en la ruta.

Justificación económica.

El uso del cloruro de sodio para llevar a cabo el proceso de estabilizar de la superficie el fin fue de optimar las cualidades de cohesión, es una manera económica de cubrir la necesidad que tienen los habitantes de la calle porque al ser un estabilizador natural es sencillo de obtener a un costo bajo además no demanda mucho trabajo en la implementación de este para el mejoramiento.

1.5. Delimitación del estudio

Espacial

La indagación realizará en la región Lima Provincias, provincia de Barranca, distrito de Supe, calle Antival.

Temporal

El proyecto de investigación se realizó desde abril del 2022 cuyo estudio culminará en el mes de junio del 2022,

Social

La indagación involucra a los habitantes de las casas aledañas a la calle Antival.

1.6. Viabilidad del estudio

Técnica

La indagación realizada tiene viabilidad técnica, ya que los materiales para realizar distintas pruebas, los podremos encontrar en los laboratorios de la universidad o en algún otro laboratorio que se encuentre más próximo a nuestro alcance, gracias a que los ensayos que se van a realizar tienden a ser los más usuales con respecto al estudio del suelo.

Operativa

La investigación realizada es de viabilidad operativa ya que se cuentan con los recursos humanos primordiales para poder emplearlo en el desarrollo de la indagación y resalta que fue de fácil aplicación una vez obtenido los resultados en el laboratorio. En el cual la municipalidad otorga el permiso correspondiente para la toma de muestra del suelo el cual es trasladado al laboratorio para su respectivo estudio.

Financiera

El financiamiento de la investigación será a cuenta propia del desarrollador de la indagación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Investigaciones Internacionales

Habiba Afrin (2017) en el artículo *Stabilization of Clayey Soils Using Chloride Components. American Journal of Civil Engineering. Vol. 5, No. 6, 2017, pp. 365-370.* El objetivo de la investigación está basado en usar aditivos químicos como cloruro de NaCl, CaCl₂ y MgCl₂, lo cual llevará a que tanto las cualidades mecánicas y físicas presentes en la superficie arcillo mejoren gracias a la adición de dichos compuestos. Posteriormente nos dice que la métodos de la indagación fue de carácter práctico, en el cual se desarrollaron las pruebas de suelo determinados como el Proctor rectificado, límites de Atterberg y ensayo de compactación, mediante la adición de los compuestos en 4%, 8% y 12%. En los resultados se pudo observar que los límites de Atterberg disminuyeron mientras se añadía en mayores cantidades los compuestos, así mismo, se dio el caso de que la adición ocasionó de manera significativa, la ampliación de la consistencia seca y por otro lado, redujo notablemente el humedecimiento de la superficie. Concluyendo de esta manera que, mediante el aumento del porcentaje de adición del compuesto de cloruro, el índice de hinchamiento y el índice de compresión

disminuyeron. También al realizar la adición de los compuestos de cloruro con los que se trabajó, logró disminuir los límites pertenecientes a los Límites de Atterberg. Finalmente, con las pruebas realizadas se logra apreciar que la densidad máxima aumentó mientras que por otro lado el humedecimiento de la superficie se redujo por principio de la adición de sal en cantidades mayores.

Guamán (2016) desarrolló su indagación para el proceso de titulación de ingeniero civil, cuya investigación es titulada *Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio), en la Universidad Técnica de Ambato, el cual se encuentra ubicado en Ecuador*. El Objetivo que presenta la investigación consiste en estudiar el comportamiento del suelo en estado arcilloso, el cual será estabilizado mediante la incorporación de componentes químicos como el cloruro de sodio y cal. La investigación nos dice que es de carácter experimental, en el cual se puede apreciar que el análisis correspondiente se realizará mediante ensayos desarrollados en el ambiente correspondiente como es el caso del laboratorio, la población constará de un suelo arcilloso ubicado en el barrio Santo Domingo, en la provincia de Pastaza, lugar del cual se extraerá la muestra proveniente de una calicata de 1m³ que será puesta en estudio, al observar que se cuenta con el mismo estrato de suelo, se decidió tomar todo el volumen encontrado para ser llevado a laboratorio. Concluye que la proporción considerable para alcanzar el objetivo planteado acerca de estabilizar la superficie con cloruro de sodio es de 2,5%, con el cual mostró un mejor comportamiento a diferencia de los otros porcentajes propuestos y también mostró una mayor resistencia a diferencia de un suelo que ha sido estabilizado con el cal en un porcentaje de adición de 2,5% y también al 7,5%, así mismo al no cumplir con los parámetros requeridos, no puede ser empleado para una subrasante. Por otro lado, el porcentaje óptimo del suelo estabilizado con cal será con 12,5%, por lo que, en comparación con el porcentaje adecuado de cloruro de sodio, ha demostrado tener un resultado más efectivo en cuanto su aplicación para una subrasante.

Durotoye, et al. (2016) *Effect of Common Salt on the Engineering Properties of Expansive Soil*. Tiene como objetivo evaluar la idoneidad de porcentaje de sal común sobre las propiedades de suelo expansivo mediante la adición de diferentes porcentajes en el laboratorio. Los porcentajes aplicados fueron de 0.5%, 1%, 1.5%, 2% y 2.5% de sal común o cloruro de sodio. Los métodos aplicados para la indagación son de carácter

práctica, para ello las pruebas efectuadas en la sala experimental del departamento de ingeniería civil de Covenant University, donde los materiales utilizados en el estudio fueron las pruebas en la superficie expansivo y la sal común. El modelo de suelo sometida a los ensayos de la sala experimental permitió la obtención de datos sobre las propiedades ópticas presentes en el suelo mediante el desarrollo consecutivo de las pruebas como el humedecimiento, términos de Atterberg, dificultad determinada, índice de hinchamiento libre, así mismo las pruebas de Proctor Estándar y CBR nos proporcionaron datos necesarios y conocer sus propiedades mecánicas. Concluyendo el tratamiento dado al suelo expansivo con la adición de la sal común ha reducido los valores de las propiedades físicas, por ende, su poder de hinchamiento y, por otro lado, surgió un aumento en sus características de resistencia. Finalmente, al agregar 1,5% de cloruro de sodio a la superficie, se generan aumentos de los porcentajes de densidad seca, en CBR sin remojar, en CBR remojado y la tenacidad no confinada, estos aumentos representan mejoras en los rasgos de potencia de la superficie de la subrasante tratada.

2.1.2. Investigaciones Nacionales

Quiroz (2020) Su investigación es desarrollada para la obtención del título profesional de ingeniero civil, la cual es titulada *Estabilización de suelos con cloruro de sodio, en el camino de bajo volumen de tránsito desde el caserío Los Tubos hasta el caserío Pozo Cuarenta, Distrito de Mórrope, Provincia de Lambayeque, Departamento Lambayeque* perteneciente a la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, ubicado en Lambayeque, Perú. La finalidad de la indagación es estudiar el suelo debido al complemento de cloruro de sodio para una mejora con el fin de estabilizarlo. La metodología aplicada al desarrollo de la investigación presenta un carácter experimental para el cual se ha tomado muestras de diversas calicatas de 1.50m de profundidad, las cuales fueron realizadas en la vía no pavimentada donde se llevará a cabo el estudio. Posteriormente dichas muestras fueron llevadas a laboratorio para realizar la adición del cloruro de sodio mediante el método del grano, por el que se añadirá el aditivo en diversos porcentajes en función del peso de la muestra del suelo y así pasar a desarrollar los ensayos determinados. Concluyendo de acuerdo a los ensayos realizados, mediante la incorporación del cloruro de sodio en el suelo en distintas proporciones de 1%, 1.5% y

2%, causa una disminución ligera en los porcentajes de los Límites de Atterberg. Así mismo los resultados obtenidos a través del ensayo de CBR, indican una mejora en la resistencia que presentará el suelo del lugar, dando como resultado final que el porcentaje óptimo de aditivo para emplearse en la estabilización, es del 1% ya que sus porcentajes de humedad se encontraran dentro de los límites máximos según normativa.

Fernández (2018) Desarrolló el proyecto de investigación titulado *Estabilización de suelos arcillosos mediante adición de cloruro de sodio (NaCl) para uso de vías terrestres. Estudio de casos: Suelos de Chachapoyas, 2016* con el fin de obtener el título profesional en ingeniería civil en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas ubicado en el departamento de Amazonas, Perú. El objetivo de la investigación consistirá en encontrar una concentración adecuada de aditivo, para lo cual emplearan el cloruro de sodio con el fin de lograr estabilizar el suelo arcilloso presentado en el tramo comprendido entre el sector Pucaraz a una distancia de aproximadamente 5 km de la plaza central ubicado en la provincia de Chachapoyas. La metodología ejecutada en la investigación es de carácter experimental. El desarrollo del estudio se llevará a cabo en un laboratorio y gabinete, donde se ejecutarán los ensayos correspondientes con las muestras tomadas del suelo arcilloso del sector de Pucaraz, el cual estará adicionado con distintos porcentajes de concentración de sal. Las proporciones empleadas de cloruro de sodio fueron del 2%, 5%, 10%, 20%, 30% y 50% en adición al suelo. Posteriormente se concluye que existe una disminución del límite líquido, tomando en cuenta que la máxima disminución se da con la adición del aditivo a un porcentaje de 50%. Así mismo el 5% de cloruro de sodio es el porcentaje óptimo para lograr la estabilización del suelo arcilloso con alto contenido de plasticidad en el sector de Pucaraz, ya que los resultados demostraron que existe una mejora en la resistencia, impermeabilidad, cohesión y durabilidad del suelo.

Palomino (2016) Desarrolló un proyecto de investigación para optar el título profesional de ingeniero civil, el cual es titulado “Influencia de la de la adición de cloruro de sodio en el índice California Bearing Ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca 2016”, perteneciente a la facultad de ingeniería civil en la Universidad Privada del Norte, ubicado en el departamento de Cajamarca, Perú. Los objetivos de la investigación se encuentran enfocados en evaluar acerca de los efectos que genera adicionar cloruro de sodio en las proporciones de 4%, 8% y 12% en el índice del ensayo CBR de superficie

arcillosa, el cual se encuentra ubicado en el Centro Poblado de Santa Bárbara, lugar de donde se realizó la extracción de la muestra de manera manual del banco de arcilla. Los métodos utilizados en la indagación son de carácter experimental, donde su población consta de modelos de suelo arcilloso adicionados de cloruro de sodio para ser analizados mediante el ensayo de California Bearing Ratio, posteriormente lo extraído de la zona fue trasladado a la sala experimental de la Universidad Privada del Norte para los ensayos respectivos. Durante el progreso se ejecutó el acopio de datos para su respectivo estudio mediante la ejecución de ensayos de acuerdo a lo establecido por las normas, los cuales nos proporcionaron datos suficientes para determinar la influencia que genera el cloruro de sodio al incorporarse en el desarrollo del CBR de un suelo arcilloso. Concluyendo finalmente que la adición en los porcentajes de 4%, 8% y 12% de cloruro de sodio en el suelo arcilloso, eleva hasta el 10% el valor obtenido de CBR cumpliéndose así la hipótesis de la indagación. Logró determinar las diferencias de plasticidad que se generaron con la adición, el cual muestra que el índice fue disminuyendo conforme se iba incorporaba un mayor porcentaje de sal. Así mismo se logró determinar los valores de la compactación de la superficie donde la consistencia seca surge el aumento en el rango de 1.900 gr/cm³ hasta 2.055 gr/cm³ cuando se adiciona el 12% de cloruro de sodio, y en el caso del mejoramiento el humedecimiento mientras mayor sea el porcentaje de adición del aditivo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Suelo.

Definición.

Osorio (2015) Define el suelo como una mezcla de rocas, agua y aire. Las propiedades del suelo, tanto física como mecánica, van a variar de acuerdo al lugar y estará en base a sus constituyentes. Además, al darle uso a los distintos tipos de suelos, estos se comportarán de manera distinta en las edificaciones. La superficie tiene tipos en la cual emplea en un trabajo de edificación influye en el diseño, costo de la edificación. Al realizarse las pruebas de superficie, este ayuda a determinar si será necesario llevar a cabo un trabajo adicional, en el cual se tendrá que preparar el lugar de la construcción.

Cruz (2009) Afirma que la superficie se compone en 3 cambios, las cuales son: Líquido, sólido y gaseoso. La etapa solidifica está conformada por partes de sólidos en la mayor parte de los suelos, las cuales conforman el esqueleto estructural donde se

encuentran absorbidos las partículas orgánicas. Así mismo, se da la existencia de espacios porosos ubicados en las partículas comprendidas en la fase sólida, dichas partículas son cubiertas mediante la fase líquida conjuntamente con la fase gaseosa. En ingeniería civil, todas las edificaciones ejecutadas se desarrollan sobre la superficie, así mismo, la tierra es usada para la construcción de terraplenes, rellenos, diques, etc. Por lo que los siguientes aspectos estarán determinados: su comportamiento, su estabilidad y su estética (Nicholson, 2015).

2.2.2. Tipos de Suelo.

Arena:

Se define como aquellos materiales conformados por granos finos, los cuales proceden del desgaste que sufren las rocas o también debido a la trituración de las rocas de manera artificial, el tamaño de dichas partículas se encuentra situadas entre un rango de 2 mm a 0.05 mm, tal cual se encuentra determinado en las normas AASHTO, así mismo el tamaño determinado para el sistema unificado SUCS varía en el rango de 4.75 mm y 0.075 mm de diámetro. El proceso de cómo surgen las arenas es similar al de las gravas, por lo que ambos son encontrados en el mismo lugar. La arena proveniente de río estará compuesto en la mayoría de veces por proporciones generosas de arcilla como también de grava. Normalmente las arenas tienen la característica de no sufrir contracciones al momento de secarse cuando estas se encuentran limpias, no son tan compresibles como la arcilla y mucho menos son plásticas, incluso si provoca en el suelo una carga, en la cual se oprime en un corto tiempo (Roldan, 2010).

Gravas:

Su origen se encuentra en el proceso de las aguas cuando estas son acarreadas pasan a desgastar las gravas en sus aristas lo que hace que las gravas adopten una forma redonda. Las gravas son acumulaciones de rocas fragmentadas que según las normas AASHTO son de diámetro mayor a 2mm, así mismo el sistema unificado SUCS indica que el diámetro de las gravas es de 4.7 mm. Naturalmente las gravas se encuentran en lechos de manera suelta, pero también son hallados en los límites y en las zonas de evacuación de los ríos, como también están presentes en los terrenos rellenos que presentan depresiones debido al acarreo que producen los ríos transportando las gravas a distintos lugares (Roldan, 2010).

Arcilla:

Son aquellas partículas en estado sólido, donde el tamaño de su diámetro según lo establece la norma AASHTO nos indica que las partículas son menores a 0.002 mm, por otro lado, su masa tiene la característica de tornarse de manera plástica cuando éste es disuelto en agua. A nivel químico la arcilla es considerada como un silicato de alúmina hidratado, sin embargo, existirán casos en los que se conformará por magnesio hidratado o también va a contener silicatos de hierro (Roldan, 2010).

Limos.

Roldan (2010) Indica en su proyecto de investigación que este tipo de suelos se encuentra conformado por granos finos que tienen baja plasticidad o tienen una plasticidad nula, se dividen en dos grupos, en limo inorgánico y limo orgánico, donde el limo inorgánico es hallado en canteras y el limo orgánico tiende a tener características plásticas. El tamaño de los granos de limo estará comprendido entre el rango de 0.002 y el diámetro 0.05mm como se encuentra establecido según la norma AASHTO y según lo establece el sistema unificado SUCS el tamaño de los granos finos de limo son de diámetro menor a 0.075mm. En el proceso constructivo de zapatas no se cuenta con el uso de limos sueltos ni tampoco la presencia de limos saturados ya que no cuentan con la capacidad adecuada para aguantar cargas. El color de los limos es variado porque puede tener el color gris que puede llegar a ser muy oscuro como también puede encontrarse en gris claro. En el caso de limos usados para cimentar se deben de encontrar en un estado denso de lo contrario se caracterizan como un suelo pobre no apto para el proceso constructivo.

2.2.3. Clasificación de suelos:

SUCS.

Arthur Casagrande presentó el Sistema Unificado de Clasificación de Superficies en forma de adaptación, así mismo de modificación a su propuesta planteada anteriormente de un método de codificación exclusivamente para superficies, cuya fecha en el cual lo presentó fue en el año 1942, año en el cual fue propuesto para un proyecto de aeropuertos.

El SUCS es un método encargado de clasificar las superficies que son aplicados en la ciencia y en la ingeniería, los cuales describen la contextura y el volumen de las partes que presenta el suelo. Este sistema es usado mayormente en materiales que no se encuentran consolidados y son simbolizados mediante dos letras. Para que poder llevar a cabo la clasificación del suelo se tiene que realizar un ensayo de granulometría previamente, a través del tamizado o algún otro. Este sistema también es llamado codificación reformada de Casagrande. (Crespo, 2004).

Las superficies van a estar divididos por este sistema en dos grupos:

a) Suelos Gruesos

Son los primeros en ser retenidos durante el tamizado ya que poseen más del 50% de granos de mayor tamaño que el filtro N°200 (0.075mm). Si la cantidad de espesor grueso que pasan a ser retenidos en el filtro N°4 (4.475 mm) excede en más del 50% respecto a la carga que presentan las partes gruesas son representados por el símbolo G, en el caso del símbolo S son representadas las partículas que en más de la mitad pasan por el filtro N°4 (4.475 mm). Al símbolo S o G se le añade una cifra el cual indica la gradación; al añadir la letra W, este indica que si posee buena gradación en cantidades menores de finos o ninguno; en el caso del símbolo P significa gradación pobre, uniforme o discontinua que posee baja cantidad de fino o ninguno; en el caso del símbolo M nos indica que el suelo contiene limo o también limo y arena en conjunto; para el caso del símbolo C indica que el suelo posee cierto porcentaje de arcilla, así mismo presenta una cierta cantidad de arena y por ultimo una porción de arcilla en conjunto. (NTP 339.134, 1999).

b) Suelos Finos

Los suelos finos son aquellas partículas que poseen más del 50% por debajo del filtro N°200 (0.075 mm) se encuentran dividido en los siguientes conjuntos: El grupo de tierras representadas por el símbolo C, limos representadas por el símbolo M y limos o arcillas orgánicas representadas por el símbolo O. Así mismo, los símbolos estarán acompañados por otra letra, el cual va a depender del valor del límite líquido y va a indicar la compresibilidad relativa. Se representa con la letra L cuando sucede el caso

de que el límite líquido contiene un valor en un rango menor a 50% consecuentemente representado con la letra H, si su valor es mayor al 50%.

- Arcilla: Denominado como tal al suelo cuyas partículas logran pasar la malla de N°200, así mismo llegan a presentar ciertas propiedades plásticas encontrados en cierta proporción hallados en el contenido de humedad, además, cuando está seco posee una resistencia cuantiosa. Aplicado para clasificación, la arcilla califica como suelo de grano fino donde su índice plástico es mayor o igual que 4, dentro de un gráfico en el cual se evalúa el versus entre el índice plástico y el límite líquido, este cae encima de la línea "A".

- Limo: Es aquel tipo de superficie, el cual atraviesa la red N°200, de esa manera se indica que es no plástico o también muy poco plástico, así mismo, cuando se seca el aire manifiesta poca resistencia o ninguna. Al clasificarse el limo, se clasifica con una superficie de partícula suave el cual posee una relación flexible con valor mínimo a 4 o también se da el caso que en el grafico en el que se evalúa un versus entre el límite líquido y la contextura, en el cual este abate la línea "A" mostrado en el gráfico.

- Arcilla orgánica: Es del tipo que cuenta con una porción adecuada de materia orgánica capaz de incidir en las propiedades del suelo. Al abarcar el tema de clasificación, la arcilla orgánica se podría clasificar como arcilla, pero existe un detalle en la parte del valor líquido y es que posteriormente del secado en el horno, este adquiere un valor un tanto menor que el 75% del valor que posee antes de ser secado con respecto a su límite líquido.

- Limo orgánico: Es el limo capaz de influir en las propiedades del suelo debido a que cuenta con suficiente materia orgánica para hacerlo. El limo orgánico al ser clasificado podría determinarse como un limo excepto que después de su secado en el horno, nos demuestre que el valor del límite líquido resulta ser menor que el 75% del valor que resulta antes del secado del límite líquido.

- Turba: Es un suelo el cual está conformado por tejido vegetal en distintos estados de putrefacción, generalmente posee un color oscuro aproximándose al color negro,

emana un olor orgánico, una textura que puede ser fibrosa o también puede llegar a ser amorfa y tiene una esponjosa consistencia. (NTP 339.134, 1999).

AASHTO.

Braja (2001) Nos dice que es un sistema que permite realizar la clasificación de suelos que serán usados para la ejecución de subrasantes y/o para caminos que son de tipo angular. Este sistema en un inicio es planteado por el Highway Research Board's Committee, en el año 1945, actualmente el sistema adoptó una forma de clasificación donde nos dice que de acuerdo a ciertos grupos se llevará a cabo la clasificación, dichos grupos son conformados por el grupo A-1 respectivamente de manera sucesiva hasta el A-8, cada grupo se encontrará regido por ciertos parámetros que indicaran que el suelo está dentro de sus características, como son de acuerdo a la sus límites líquidos, su distribución granulométrica y por último se encontrará basado en el índice de plasticidad obtenido. Las características establecidas de los grupos consistirán en lo siguiente: Los primeros 3 grupos como son el A-1 hasta el A-3 estarán conformados por materiales los cuales será de grano grueso, por otro lado, los siguientes 4 grupos respectivos se encuentran conformados por los suelos que son de grano fino. Y al último grupo restante le pertenecerán los suelos que vienen a tener un carácter altamente orgánico como es el caso del lodo y la turba, los cuales se pueden reconocer de manera rápida a través de una revisión visual.

El grupo A-7 ubicado en la tabla de clasificación del sistema AASHTO nos indica que el grupo se divide en dos tipos, donde para el tipo de suelo denominado como A-7-5, se establece que estarán conformados por aquellos que contienen un índice de plasticidad menor o igual al de su límite líquido, pero este será reducido en 30. Para el tipo de suelo A-7-6 perteneciente al grupo A-7, nos dice que pertenecerán a este grupo aquellos donde su índice de plasticidad va a resultar mayor que su límite líquido además este será reducido en 30.

Así mismo el índice de grupo sirve para realizar una evaluación cualitativa del suelo, en el cual se evaluará si este material cuenta con las condiciones necesarias para ser empleado en la subrasante. Nos dice que conforme se obtenga un valor elevado de índice de grupo, quiere decir que será de menor uso respecto a su empleo para la subrasante, por lo que aquel índice de grupo comprendido por 20 o más, significa que el suelo con el que se cuenta es de una calidad demasiado baja para ser empleada en

nuestro fin por lo consiguiente, tiene tipos para poder determinar el índice de grupo al que pertenece:

$$GI = (F_{200} - 35)\{0.2 + 0.005(LL - 40)\} + 0.01(F_{200} - 15)PI - 10)$$

Donde:

- F_{200} = Porcentaje que pasa por la malla N°200, expresado en un número entero
- LL = Limite Liquido
- PI = Índice de plasticidad

Cuando se calcule la relación de grupo del tipo de superficie perteneciente a los conjuntos A-2-6 o A-2-7, se tomará en cuenta el uso de la fórmula de relación de grupo referente al relación de flexibilidad.

$$GI = 0.01(F_{200} - 15)PI - 10)$$

Es redondeado al número entero que se encuentre más próximo el grupo de suelo se escribe al lado dentro de un paréntesis.

Si $PI \leq LL - 30$, es un A-7-5

Si $PI > LL - 30$, es un A-7-6

2.2.4. *Propiedades de los Suelos.*

La superficie al ser materia posee participaciones mecánicas y físicas. Para conocer el comportamiento de los diferentes tipos de suelo debemos tener nociones claras sobre ciertas propiedades que poseen los suelos, para esto definiremos algunas de ellas:

Densidad: Encontramos 3 tipos de densidades. Primero, la densidad absoluta que se define como la masa de un cuerpo contenida en una unidad de volumen, extrayendo los vacíos presentes en la muestra. Segundo, la densidad aparente que es lo mismo a la anterior solo que esta vez incluido sus vacíos. Tercero y último, la densidad relativa

que es la relación de la densidad de un sólido a la densidad absoluta del agua encontrada a 4°C de temperatura (Villalaz, 2004).

Gravedad Específica: Se expresa en kg/cm³ denomina así al peso de un suelo contenido en la unidad de volumen expresado en kg/cm³. (Das, 2015) sostiene que “la gravedad específica en la mayoría de minerales está dentro de un rango general de 2,6 a 2,9”.

Plasticidad: Badillo y Rodríguez (2005) la define como la característica que posee una masa para resistir deformaciones rápidas, sin alteración volumétrica apreciable y sin agrietarse logrando delimitar la propiedad que poseen las arcillas en ciertas condiciones.

Porosidad: Se puede definir como la razón que existe entre el volumen de vacío al volumen total. Es una variable adimensional que en ningún caso debe superar la unidad o si se trabaja en porcentajes el 100%. En suelos granulares, la porosidad varía entre 26% y 48% y para suelos cohesivos entre 35% y 83%.

Permeabilidad: Esta propiedad del suelo permite que el agua discurra a través de los espacios vacíos o poros. En mecánica de suelos se debe saber la cantidad de agua que circula por medio de un suelo en un tiempo unitario. El cálculo de este se necesitará para el diseño de presas de tierra y para precisar la cantidad de infiltración bajo estructuras hidráulicas (Das, 2001).

Color: El color de los suelos puede ser un indicador de presencia de ciertas sustancias en ellos, como en los suelos oscuros que nos indican materia orgánica en mayor presencia, en suelos rojos nos indican que albergan exceso hierro y suelos amarillos que albergan mayor presencia arcilla con poca de materia orgánica.

Textura: Se define como la cantidad en porcentaje y la calidad de partículas minerales que posee un suelo. Los principales tipos de partículas minerales que posee un suelo son: arena limo y arcilla, pero existen más tipos.

Compactación de Suelos.

Según Terzagui y Peck (1986), la compactación en los diferentes tipos de suelos se da de la siguiente forma para:

Compactación en suelos Cohesivos:

Se producirá redistribución de las partículas y alteración de sus capas absorbidas. Se logrará luego de que se le añada una carga que sea lo suficiente para poder caducar la resistencia a la cohesión que poseen sus partículas.

Compactación en Suelos No Cohesivos:

En la situación de suelos granulares o no cohesivos el proceso de compactación más correcto se da por vibración, pero debería tenerse presente, que la conducta de los suelos granulares es dependiente de la granulometría. Una compactación efectiva en los suelos cohesivos necesita presiones más grandes para los suelos en estado seco que para los de estado húmedo, sin embargo, la medida del área cargada no es crítico.

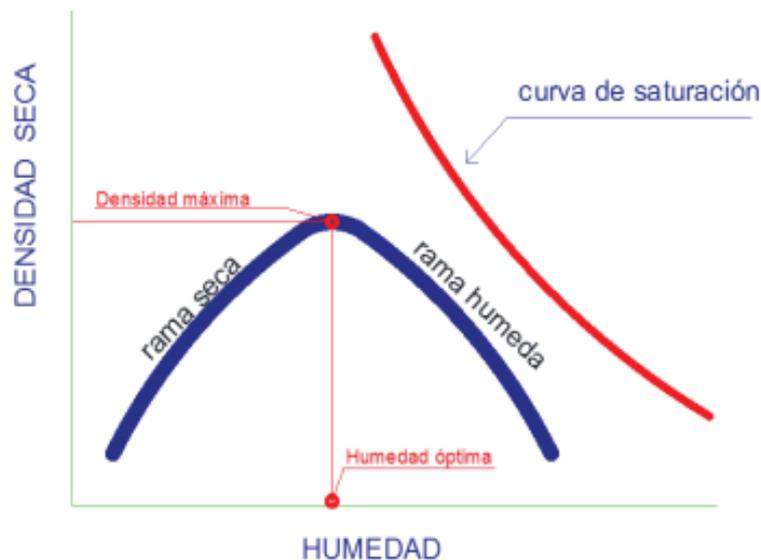


Figura 1 Curva de Proctor

Fuente: Parano, 2012.

Resistencia y Deformación de los Suelos.

Resistencia al Corte.

Las deformaciones en los suelos son el producto luego que se aplicara un estado de tensión en este, siendo el esfuerzo cortante, es decir, la tensión tangencial, la manera más usual en la que dichos fallen. Se define el valor límite o más alto que se puede inducir antes de que esta ceda. Este no puede conceptuarse como una variable exclusiva y constante, debido a que dependerá de su estructura, presión del fluido que

rellena sus poros, enlaces, niveles de deformaciones, entre otros. (González et al., 2002).

Ángulo de Fricción Interna.

Se define como la presentación matemática del coeficiente de rozamiento en el plano de falla, siendo:

Coeficiente de rozamiento = $\text{Tan } \phi$

Según Bilz (1995) los factores más relevantes por el que dependerá el ángulo de fricción son los siguientes aspectos: estructura de los granos, dimensión de los granos, distribución en la que se encuentran y densidad.

Cohesión.

Se puede definir a la cohesión como la medida de adherencia en medio de las partículas de un suelo de grano fino. Para suelos netamente granulares o no cohesivos en los que no se encuentre ningún tipo de material permita lograr esto, la cohesión será considerada igual a 0, y a estos se le denominaran suelos no cohesivos (Suarez, 1998).

2.2.5. Ensayos de Laboratorio.

Análisis granulométrico.

A través de este ensayo se determina la manera en que se obtendrá la distribución de las partículas del suelo agrupadas por tamaño retenidas en cada malla una vez realizado el tamizado, a través de este ensayo se sabrá la clasificación del suelo y en base a ello se determinará su uso ideal. (NTP 339.128, 1999)

Una vez obtenidos los pesos de las partículas que se retienen en los tamices finalizados el ensayo, se pasará a hallar el porcentaje en base a cada tamiz mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{W_{\text{tamiz}}}{W_1} \times 100$$

Donde:

W_{tamiz} : Peso retenido en cada tamiz

W_1 : Peso de la muestra secada en horno

MTC- Suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2014) nos dice que la finalidad del ensayo es establecer la proporción de los elementos que lo conforman, los cuales serán clasificados de acuerdo al tamaño que posean. Para ello el manual establece un cuadro en el cual se clasifican las partículas de acuerdo a su tamaño mostrado en el suelo.

Tabla 1 Clasificación de suelos según Tamaño de partículas

TIPO DE MATERIAL		TAMAÑO DE LAS PARTICULAS
GRAVA		75 mm – 4.75 mm
ARENA		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm – 0.425 mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
MATERIAL	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
FINO	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Elaboración (MTC, 2014)

Contenido de Humedad.

El ensayo para poder determinar el contenido de humedad presente en un suelo consiste en la relación hallada basada en el peso del agua encontrada en una masa de suelo y el peso en seco de las partículas las cuales serán representadas en los resultados como porcentajes.

Se determinará el porcentaje de humedad pesando una porción generosa del suelo en estado húmedo, el cual es secado posteriormente a temperatura de 100 hasta 110°C de manera constante para después será pesada. El la cantidad de peso del agua encontrada en la muestra será determinada mediante una diferencia entre el peso de la muestra previamente al secado y posteriormente al secado, finalmente el resultado obtenido expresado en porcentajes del peso del agua nos proporciona el contenido de humedad. Existe una variación respecto a los valores del contenido de humedad, este tendrá un rango desde cero que significa que está completamente seco hasta un rango máximo determinado y el cual será de carácter variable cuando el suelo presente un estado perfectamente saturado. La siguiente fórmula establecida nos permitirá determinar el contenido de humedad. (NTP 339.127,1999).

$$w = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo seco al horno}} \times 100 = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c}$$

$$w = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde:

- w : Es el contenido de humedad, en porcentaje
- M_{cws} : Es el peso del contenedor mas el suelo humedo
- M_{cs} : Es el peso del contenedor mas el suelo secado en horno
- M_c : Es el peso del contenedor
- M_w : Es el peso del agua
- M_s : Es el peso de las particulas solidas

Límites de Atterberg.

Se encuentra establecido en la (NTP 339.129, 1999) que los elementos finos de un suelo son su componente principal, ya que en base a ellos se determinará la plasticidad del suelo. Debido a que el ensayo de análisis granulométrico no tiene la capacidad de proporcionarnos esta característica del suelo, se procede al uso del método planteado por Atterberg. El método de Atterberg consiste en que nos permitirá establecer los límites que le corresponde al suelo de acuerdo al estado en que éste se encuentre, es

decir ya sea si se encuentra en estado líquido, estado plástico o en estado sólido. Usualmente en la ingeniería se usan los límites de Atterberg conformados por el límite líquido (LL), el límite plástico (LP) y en algunos casos, el límite de contracción (LC).

En la forma en la que se podrá determinar los límites de Atterberg solo se utilizarán los elementos finos del suelo, los cuales pasarán por un tamiz de malla cuadrada con medida de 0.42 mm tal y cómo está establecido en la norma técnica peruana, así mismo la obtención de los límites son valores que no caracterizan todo el conjunto del suelo, por lo que también se debe tener en cuenta en el suelo es su proporción de los elementos gruesos que contenidos en él.

El Límite Líquido viene a ser la parte de la humedad encontrada en el suelo, en el momento en el que el surco realizado a la mitad de la muestra se va cerrando a causa de que la copa se deja caer 25 veces desde una altura de 1 cm.

El Límite Plástico es la humedad encontrada en el suelo, el cual permitirá aun su mezcla antes de pasar completamente al estado plástico.

Límite de Contracción: Es la humedad suficiente que llenará los poros del suelo en el momento en que éste alcance su volumen mínimo y que debido a la falta de agua se produzca fisura y pérdida de coherencia.

Muy aparte de los límites más usados como el límite líquido y límite plástico, otra característica importante es el índice de plasticidad (IP).

Sanz (1995) Nos dice que el índice de plasticidad es de importancia ya que garantiza una clasificación de suelo más adecuada. Las características establecidas para la clasificación del suelo mediante el IP nos dicen que en cuanto se tenga un IP grande, este indicará que el suelo es de muy arcilloso, mientras que, si se obtiene un IP pequeño, esto indica que el suelo es poco arcilloso.

El índice de plasticidad se hallará con la diferencia entre límite líquido y límite plástico.

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP : Índice de plasticidad

LL : Limite liquido

LP : Limite plástico

Tabla 2 Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad

Índice de Plasticidad	de Plasticidad	Características
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP ≤ 20	Media	Suelos arcillosos
IP > 7		
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Fuente: Elaboracion (MTC, 2014)

Proctor Modificado.

El uso de éste método de ensayo para llevar a cabo la compactación del suelo se desarrollará mediante muestras trabajadas en laboratorio, la ejecución de este ensayo nos permite determinar y así observar las relaciones que existen entre el contenido de agua y el peso unitario seco perteneciente al suelo, el cual será representado mediante una curva de compactación, para ello las muestras de suelo son compactados en un molde de diámetro 101.6 o 152 mm con ayuda de un pistón de 44.5 N, el cual caerá desde una altura de 457mm hacia el molde de manera que producirá un esfuerzo de compactación de 2700 kN-m/m³. Es importante la ejecución del ensayo para la compactación del suelo ya que ayuda a mejorar las propiedades del suelo, aumentando su resistencia al esfuerzo cortante, lo vuelve más impermeable y reduce su comprensibilidad (NTP 339.141, 1999)

$$\rho_d = \rho_m \left(1 + \frac{W}{100}\right)$$

Donde:

ρ_d : Densidad seca de la muestra compactada, Mg/m³

ρ_m : Densidad húmeda de la muestra compactada, Mg/m³

w : Contenido de agua, %

Sanz (1995) Nos indica que el ensayo de Proctor Estándar y Proctor Modificado, permiten determinar la relación entre la densidad y humedad del suelo con el que vayamos a trabajar, esto se dará mediante el empleo de un pistón cilíndrico que aplicará un esfuerzo de compactación al caer desde una altura de 12" y 18" en un molde cilíndrico con diámetro de 4" y 6".

2.2.6. Cloruro de Sodio.

Definición.

El cloruro de sodio o comúnmente llamado por las personas como sal de mesa, se encuentra conformado por cristales que son de fácil solubilidad el ser incorporado en el agua, este compuesto químico tiene singularidad de atraer y mantener el agua en el estado en el que se encuentra, tanto si se encuentra en estado líquido o en vapor. La sal es un producto de fácil obtención ya que se pueden encontrar en los mercados en polvo fino o en cristales de tamaño grande, también se encontrarán en diferente valor de pureza. La característica que hace referencia a la pureza es quien se encargará de que el cloruro de sodio cumpla el rol de enlazar a las partículas entre sí. (Gárnica, 2002)

Existen tres métodos por los cuales se puede obtener el cloruro de sodio, el primer método consiste en el aprovechamiento de los rayos solares, los cuales se encargarán de evaporar el agua de mar extraída y expuesta en un lugar donde estén presentes los rayos solares, una vez los rayos solares hayan hecho su trabajo y hayan cumplido con su labor de evaporar el agua, solo quedarán los residuos de sal útiles para poder llevar a cabo lo planteado. En el caso del segundo método, éste consiste en realizar una extracción de sal los cuales se encuentran en las minas y, por último, el tercer método para obtener cloruro de sodio consiste en el empleo de hornos industrializados, los

cuales cumplirán la función de evaporar el agua de mar y posteriormente quedarse con los residuos de sal (Reyes, 2004).

Pérez (2002) Afirma en la redacción de su proyecto de investigación que algunos autores concluyen que al añadir cierta proporción de sal al material granular mezclándolas y de la misma manera a las arcillas ocasionarán una reducción respecto a la contracción volumétrica del suelo, así mismo influirá la reducción de la alteración de los valores de la humedad y la creación de micro capas de sal harán que las partículas del suelo se encuentren más unidas, por lo que terminarán siendo menos vulnerables de la abrasión que producirá el tráfico y el desgaste del suelo.

Nolasco (2015) Indica que la estabilización con la adición de sal, tiene múltiples usos ya sea en caminos donde se busque estabilizar la base, las carpetas de rodadura, suelos naturales, sub rasantes, etc. También se aplicarán en las pistas de los aeropuertos, en los estacionamientos, colegios, estadios, patios industriales, mercados, y demás. En conclusión, el uso de la sal común tiene una gran variedad de casos en los que se puede usar; respecto a la estabilización de suelos con sal no será de impedimento para que esta se pueda imprimir, asfaltar, hormigonar o realizar un doble tratamiento sin alguna interferencia de los productos que se utilizaran que pueda limitar sus propiedades. Para conseguir un resultado óptimo de la estabilización de suelo con sal se debe de tomar en cuenta la calidad de materiales que serán empleados y así mismo el ejecutor cumpla con el correcto proceso de ejecución y a los datos generales que el proveedor le indicará.

Propiedades.

- Higroscópico: Esta propiedad es fundamental para el cloruro de sodio ya que nos indica que cuenta con la capacidad de absorber la humedad del aire, seguidamente también absorbe la humedad de los materiales que se encuentran alrededor, esto permitirá que se lleve a cabo una reducción de la evaporación, de tal modo que el suelo presentará una mejora con respecto a su cohesión.
- Su propiedad coagulante contribuirá para alcanzar la densificación requerida mediante un esfuerzo mecánico bajo, el intercambio iónico que se dará entre los minerales que conforman la matriz fina de los suelos y el sodio producirá un efecto cementante en el suelo logrando de tal manera una buena cohesión.

- Es de fácil disolvencia al ser mezclado con agua siempre y cuando esta proporción de sal añadida esta incorporada en un bajo porcentaje, ya que si mientras más grandes sea la porción de sal que se le añadirá para disolverse, la dificultad para realizarla se incrementará volviendo dificultoso. (Gutiérrez, 2010)

Estabilización con Cloruro de Sodio.

En el Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014) Nos señala que al realizarse la estabilización con cloruro de sodio tendrá como aplicación principal su uso en el control del polvo en superficies de rodadura y bases de bajo tránsito vehicular, también se empleará en zonas demasiado secas con el fin de que la evaporación del agua que sirve para la compactación, sea lenta. La sal es considerada como un agente natural para la estabilización ya que se encuentra compuesto por un 98% de NaCl aproximadamente y en un bajo porcentaje de arcilla y limos los cuales tienen un valor de 2% aprox. Siendo así su propiedad principal el ser higroscópico, es decir, que la sal va a absorber la humedad que presenta el aire así mismo, la humedad de los materiales presentes a su alrededor, de manera que su punto de evaporación se verá reducido y se mostrará una mejora respecto a la cohesión de las partículas del suelo. La densificación deseada se obtendrá gracias a su propiedad coagulante, el cual dirige a un esfuerzo mecánico menor con el que se obtendrá lo pretendido a causa del intercambio iónico que surge a partir del sodio y los minerales que forman parte de una matriz fina perteneciente a los materiales, resultando en consecuencia una acción estabilizadora.

Tabla 3 Características típicas de sal

Características	Limites
Cloruro de sodio %	98 – 99.70
Humedad%	2.00 – 3.60
Materia insoluble%	0.007 – 0.175
Ion calcio%	0.035 – 0.910
Ion magnesio%	0.002 – 0.074
Ion sulfato	0.125 – 0.355
Tamiz 4.75 mm (N° 4)	20 – 55%
Tamiz 1.18 mm (N° 16)	50 – 70%
% Pasa Tamiz 1.18 mm (N° 16)	13% máx.

FUENTE: Elaboración (MTC, 2014)

Gutiérrez (2010) Hace referencia a que, al adicionar la sal en el suelo, éste producirá una reducción de la evaporación del agua como consecuencia de la elevación que se produce en la tensión superficial. Por otro lado, en el caso de que el agua hallada en la superficie es de menor magnitud que la evaporación tendrá como consecuencia el secado del agua y la cristalización de cloruro de sodio presentada en la zona superficial y en los espacios hallados totalmente vacíos, el cual va a impedir una evaporación posterior mediante la formación de barreras que lo evitarán. Se considera al cloruro de sodio como un estabilizante cuyo origen es de manera natural que afectará al material pétreo en su composición haciendo que se presente una mejora en sus propiedades físicas, el cual ayudará a que su resistencia al esfuerzo de compresión y tracción vayan en aumento, así mismo se volverá impermeable. Se considera como uso para la variación de suelos existentes pero su eficiencia se verá afectada por la presencia de cierto material de tendencia orgánica puesta en alguna proporción. Como se sabe, el aditivo especificado es de fácil dilución en el agua, esta característica hace que sea fácil y rápida su distribución en su mezcla con el suelo; de manera que la sal incorporada irá ocupando los espacios vacíos del suelo. En la fase del fraguado ocurrirá una pérdida de humedad de la mezcla de la sal con el suelo, dicha pérdida de humedad es la que permite que se lleve a cabo la cristalización de cloruro de sodio, los cuales van a ocupar los espacios vacíos del suelo tornando al suelo en carácter de sólido, lo que en consecuencia hará que la densidad del suelo vaya en aumento.

Formas de Aplicación.

Es un método que se utiliza y así conseguir una estabilización correcta, en el caso de la estabilización correcta con la incorporación de cloruro de sodio se buscará la reducción de riesgos que puedan producir respecto a la salud de los trabajadores que realicen esta operación de manera in situ, como también se buscará una mejora respecto a las propiedades contenidas en el suelo durante el proceso de mezcla del suelo con la sal para que los resultados que se obtengan sean los adecuados (Rico, 2008).

Así mismo, la aplicación de cloruro de sodio en el suelo que requiera de estabilización puede ser de manera directa para que así se pueda determinar el porcentaje adecuado que nos garantizara una correcta estabilización del suelo. Por lo que las formas de aplicación del aditivo al suelo serán:

Su aplicación puede ser dada en forma de granos, pero esta aplicación a demostrado que no es del todo eficaz, debido a que, al mezclar el cloruro de sodio con el suelo, resultarán porciones de suelo que presentarán un bajo porcentaje de sal. Por otro lado, la homogenización será más sencilla mediante métodos prácticos, sin la ejecución del ensayo en laboratorio, lo cual hace que dicha mezcla se torne correcta ya que el cloruro de sodio se va a mostrar de manera homogénea en toda la porción del suelo trabajado. (Roldan, 2010).



Figura 2: Aplicación de cloruro de sodio al suelo en grano

Fuente: Elaboración (Roldan, 2010)

La otra forma de aplicación es en forma de salmuera, este método consiste en la dilución de sal en agua para que se origine la salmuera, y posteriormente ser aplicada de manera parcial al suelo. La aplicación de la salmuera cubrirá los espacios vacíos que se encuentran entre las partículas del suelo, y es así que se determina como un método eficiente ya que se le está agregando al suelo una humedad óptima conjuntamente. Sin embargo, la creación de salmuera representa un riesgo para la maquinaria en la que se realizará, ya que la presencia de sal en la maquinaria puede llegar a oxidarla motivo por el cual es considerada como un agente oxidante (Roldan, 2010).



Figura 3: Aplicación de cloruro de sodio al suelo en Salmuera

Fuente: Elaboración (Roldan, 2010)

Ventajas y Desventajas.

Ventajas.

- Es de fácil obtención, aplicación, tiene un bajo costo y existe una gran cantidad de sal en todo el mundo,
- Mejora las propiedades físicas como es el caso de su resistencia y la cohesión del suelo.
- Reduce la cantidad de polvo, no permite la formación de ahuellamiento o que exista material suelo o calamina en la vía.
- Permite obtener una rodadura suave de fácil tránsito.
- Su reparación y mantención es mínima, fácil y económico.
- Reducen el material fino en suspensión en un 99%, no ocasionan daños a la salud de las personas, y se reduce el ruido ocasionado por el tránsito vehicular.

Desventajas.

- Las superficies se vuelven resbaladizas en las épocas de frío donde la humedad es alta, lo que podría ocasionar accidentes y además se da el caso de que los vehículos tienden a sufrir corrosiones.
- En la vía estabilizada se tiende a generar cortes a causa del agua que pasa por ahí.

- Cuando se aplica en grandes proporciones este puede afectar al medio ambiente, puede generar daños al suelo, a la fauna, al agua, a la vegetación cercanos al lugar.

2.3. Bases filosóficas

Hombre:

“El ser humano ha sido considerado a través del tiempo como un ser integral, ocupando un espacio en el ambiente; así mismo, cuenta con la interrelación de características pertenecientes al ser humano, los cuales son de rasgos biológicos, psicológicas, sociales y espirituales. Se dice que el ser humano posee conciencia propia, posee también inteligencia, creatividad, intencionalidad, voluntad y afectividad, todo ello como parte de su personalidad, en conclusión, es considerado como un ser integral gracias a su ubicación temporal y no menos importante la ubicación espacial”. (Alonso, 2003)

Sociedad:

(...) Cuando nos referimos al concepto que le pertenece a la sociedad, podemos decir que se le puede definir específicamente como una entidad, ya que a pesar de que esta se encuentre conformada por unidades discretas, las interrelaciones que las conforman deben encontrarse agrupadas, es decir que todas las que forman parte deben de estar dentro de un conjunto concreto. (Spencer, s.f.)

Movimiento

Los principios, no son establecidos por la física, cuyo motivo es que no le corresponde a la física el hecho de garantizar la posibilidad del movimiento ni mucho menos garantizar la posibilidad de la pluralidad de sustancias, es decir, no existe alguna ciencia que pueda demostrar su objeto. Por otro lado, se tiene claro que el físico tiene en cuenta como punto de partida a todo aquel que resulte más cognoscible desde el punto de vista de la percepción.

Lo que podemos notar al momento de observar el movimiento, es proveniente de las propiedades que poseen los objetos, es decir cuando se da el caso de que llegamos a ver al fuego cuando este tiende a elevar sus llamas, el sentido en el que este va es en dirección hacia arriba, cosa que en el caso del agua, sucede algo distinto, ya que en este hecho, cuando cae una gota de agua, este tiende a bajar, sentido muy contrario al del fuego, por ello se puede decir que ambos poseen el principio del movimiento. (García, 2014)

2.4. Definición de términos básicos

Análisis Granulométrico: Es el análisis que se le dará al suelo en el que se trabajará mediante ensayos realizados en laboratorio con tamices de distintas numeraciones, basados en el tamaño de los cuadros de la maya. Las características ya establecidas, se fijarán de acuerdo a los granos retenidos en cada tamiz (NTP 339.128, 1999).

Arcilla: Son partículas submicroscópicas cuyo tamaño es menor a 0.002 mm y se encuentran presentadas en forma de minerales arcillosos, escamas de mica y en forma de otros minerales. También se da el caso de que las partículas que se encuentran entre los tamaños de 0.002 y 0.005mm son llamadas arcillas (Braja, 2001).

Cloruro de Sodio: El cloruro de sodio o también llamado sal común es un estabilizante de origen natural que mejora las propiedades físicas del material pétreo, lo que ayudará a incrementar su resistencia y lo hará menos permeable. Sin embargo, su eficacia para todo tipo de suelo se verá reducido por la presencia de materia orgánico (Hinrichsen, 2012).

Contenido de humedad: Es la relación entre el peso de agua situada en una muestra de suelo entre el peso de las partículas sólidas, cuyos resultados son expresados en porcentajes (NTP 339.127, 1999).

Estabilización química de suelos: Es un método basado en la adición de un producto químico al suelo, el cual es mezclado de manera homogénea con el suelo a tratar según las indicaciones técnicas del producto (MTC, 2004).

Granulometría: Es la medida y graduación realizados a los granos del suelo para poder conocer su origen, las propiedades que ésta posee, y no obstante se le realiza el cálculo de la cantidad de granos mediante una escala granulométrica (Mingarro & Ordoñez, 1990).

Límites de Atterberg: Se definen los límites de acuerdo a la consistencia del suelo debido a la humedad contenida, el suelo se presentará en diferentes estados con características propias que lo definirán (Graux, 1985).

Plasticidad: Es la cantidad de partículas escamosas halladas en los suelos, así mismo estas partículas influyen en la elevada compresibilidad del suelo y su baja permeabilidad (Brajá, 2001)

Proctor Modificado: Es un método que consiste en el cálculo de las densidades secas de varias muestras de suelo colocadas en probetas para posteriormente pasar a ser compactadas por la aplicación de una fuerza en condiciones iguales, con contenidos de humedad variados (NTP 339.141, 1999).

Suelos: Es el sustrato físico que facilita en los proyectos viales para su ejecución, trabajos civiles, arquitectónicas, etc. Donde su comportamiento es definido por los parámetros de identificación, de estado y geomecánicas. (Gutiérrez, 2010).

2.5. Hipótesis de investigación

2.5.1. Hipótesis General

Las propiedades físico-mecánico del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca incrementa moderadamente.

2.5.2. Hipótesis específicas.

La variación de humedad del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca incrementa moderadamente.

La variación del límite líquido del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca incrementa moderadamente.

La variación del proctor modificado del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca incrementa moderadamente.

2.6. Operacionalización de las variables

Tabla 4 Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
VI: Cloruro de Sodio	Compuesto químico caracterizado por sus enlaces iónicos y sus propiedades higroscópicas.	Se refiere al compuesto químico con la fórmula NaCl.	Tipo de sal Característica de la sal	Compuesto Composición de la sal
VD: Propiedades físico-mecánicas del suelo	De acuerdo a sus componentes, el suelo adquirirá ciertas características determinadas a ellos como: Densidad, plasticidad, absorción, color, entre otros.	Se refiere a las características que presenta un suelo respecto a los componentes que presenta.	contenido de humedad	Cantidad de agua
			Límites de Atterberg	Trabajabilidad
			Proctor modificado	Esfuerzo de compactación

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Diseño Metodológico

3.1.1. Tipo De Investigación

De acuerdo a su finalidad, la investigación desarrollada es considerada como una investigación aplicada ya que es realizada con el fin de satisfacer necesidades, dándole una solución a ciertos problemas presentados a través de los nuevos conocimientos conforme son adquiridos.

3.1.2. Diseño de Investigación:

La investigación desarrollada presenta un diseño de carácter experimental puro, debido a que tiene el propósito de realizar ensayos con la manipulación de la variable, observar los resultados obtenidos y posteriormente poder verificar lo planteado en la hipótesis.

GE(A): O_1 ---- X_1 ---- O_2
GC(A): O_3 ---- X_2 ---- O_4

3.1.3. Enfoque de la Investigación:

El enfoque de la investigación está centrado en una investigación cuantitativa, ya que estará basado en una serie de procesos, mediante los cuales obtendremos resultados una vez realizados los ensayos en laboratorio, y de esa manera verificar la hipótesis planteada mediante el empleo de análisis estadísticos.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población se encuentra conformada por las vías no pavimentadas del distrito de Supe, Barranca.

3.2.2. Muestra

La muestra con la que se procederá al desarrollo de la investigación será de los 0.5 km en la calle Antival, Supe, Barranca. Es a conveniencia del investigador donde $N = n$.

3.3. Técnicas de recolección de datos

En la presente investigación se empleará la técnica de la observación, el cual nos será de gran ayuda para la toma de los datos que se recolectarán de los resultados obtenidos en laboratorio.

Tabla 5 Recolección de datos:

TECNICA	INSTRUMENTO
Observación	Ficha de Observación
	Fichas técnicas de los ensayos en laboratorio

Fuente: Elaboración propia

Observación

Proceso mediante el cual podremos analizar el proceso al que estarán sujetos las variables, y seguidamente ser escritas en menor tiempo posible.

Ficha de Observación

La ficha de observación nos permitirá recolectar de manera ordenada lo que se está observando llevando a cabo la elaboración de sistemas de clasificación y sistemas de organización de la información acerca de los diversos ensayos efectuados en laboratorio para posteriormente procesar la información.

Fichas técnicas de los ensayos en laboratorio

Son las fichas en las cuales se recolectarán los datos obtenidos mediante ensayos en el laboratorio, dichos resultados están en base a los siguientes ensayos: Análisis granulométrico, Límites de Atterberg, Contenido de Humedad y Proctor Modificado, que serán necesarios para realizar el análisis de los datos correspondiente y necesario insertados en cuadros estadísticos.

3.4. Técnicas para el procesamiento de la información

El procesamiento de los datos obtenidos se realizará con el uso del siguiente software:

Registro ordenado de la información.

Se empleará el uso del programa de Microsoft Word 2019.

Se empleará el uso del programa de Microsoft Excel 2019.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Análisis de Resultados

4.1.1. Resultados de las propiedades físico-mecánico del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca.

Tabla 6 Análisis granulométrico por tamizado

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Base Gradacion C	Descripcion
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) 14,292
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) 527.0
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						2. Caracteristicas
1 1/2"	37.500				100.0		Tamaño Maximo 1 1/2"
1"	25.400	245	1.7	1.7	98.3		Tamaño Maximo Nominal 1"
3/4"	19.000	372	2.6	4.3	95.7		Grava (%) 21.8
1/2"	12.700	705	4.9	9.2	90.8		Arena (%) 63.4
3/8"	9.520	611	4.3	13.5	86.5		Finos (%) 14.8
1/4"	6.350	744	5.2	18.7	81.3		Modulo de Fineza (%)
Nº 4	4.750	442	3.1	21.8	78.2		
Nº 8	2.360						3. Clasificacion
Nº 10	2.000	78.78	11.7	33.5	66.5		Limite Liquido (%) 25.0
Nº 16	1.190						Limite Plastico (%) 20.0
Nº 20	0.850	91.14	13.5	47.0	53.0		Indice de Plasticidad (%) 5.0
Nº 30	0.600						Clasificacion SUCS SC-SM
Nº 40	0.420	105.45	15.6	62.7	37.3		Clasificacion AASHTO A-1-b (0)
Nº 50	0.300						
Nº 60	0.250	82.46	12.2	74.9	25.1		
Nº 80	0.180						
Nº 100	0.150	17.30	2.6	77.5	22.5		
Nº 200	0.075	52.32	7.8	85.2	14.8		
Pasante		99.60	14.8	100.0			

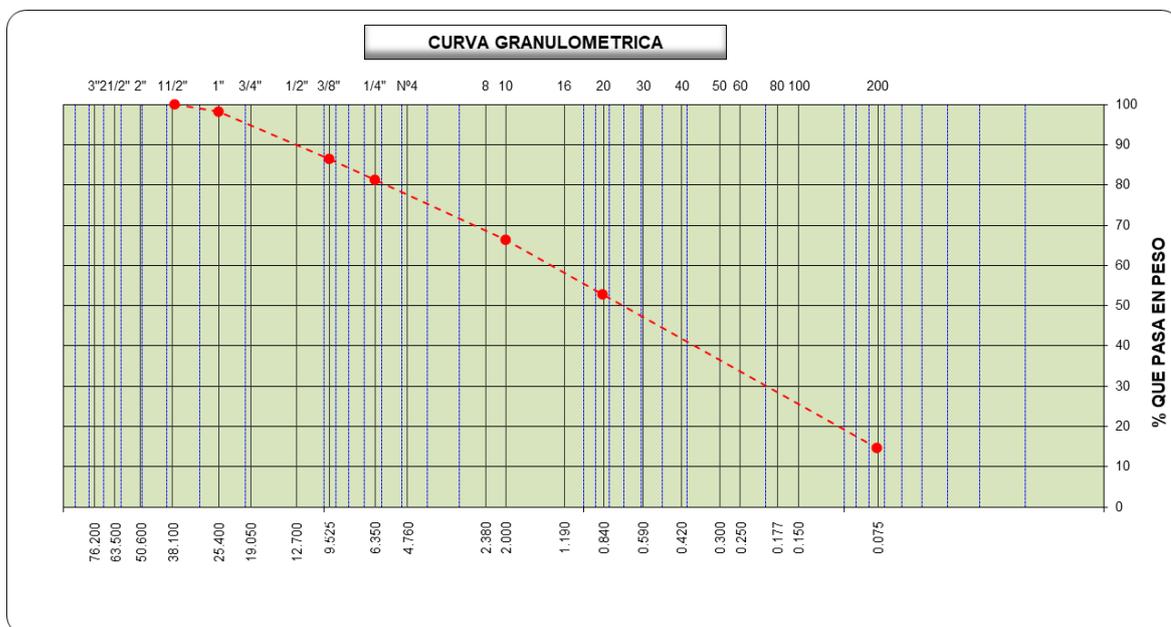


Figura 4 Curva Granulométrica

El análisis granulométrico por tamizado refleja la presencia gran cantidad de suelo entre el tamiz N° 10 y el tamiz N° 60, asimismo el suelo tiene un tamaño máximo nominal de 1 ½” y presenta limite liquido en 25.2 %, limite plástico en 20.0 % e índice de plasticidad en 5%, asimismo según clasificación SUCS es un suelo tipo SC – SM y suelo tipo AASHTO A- 1- b (0).

4.1.2. Resultados de la variación de humedad del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca.

Tabla 7 Determinación del contenido de humedad del suelo en estado natural

Descripcion	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	553.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	527.0	
Peso del agua contenida (gr)	26.0	
Peso de la muestra seca (gr)	527.0	
Contenido de Humedad (%)	4.9	
Contenido de Humedad Promedio (%)		4.9

Tabla 8 Determinación del contenido de humedad con adición de cloruro de sodio

Descripcion	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	668.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	639.0	
Peso del agua contenida (gr)	29.0	
Peso de la muestra seca (gr)	639.0	
Contenido de Humedad (%)	4.5	
Contenido de Humedad Promedio (%)		4.5

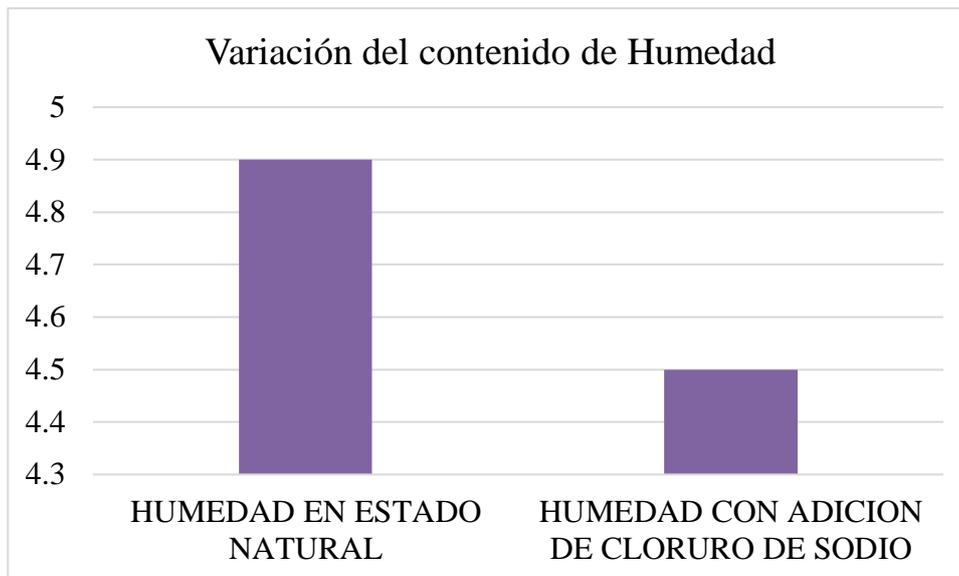


Figura 5 Variación de contenido de humedad

La variación de humedad del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca refleja con el suelo en estado natural tiene 4.9% y el suelo con adición de cloruro de sodio tiene 4.5%, observándose una reducción de 8.16%.

4.1.3. Resultados de la variación del límite líquido del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca.

Tabla 9 Determinación del límite líquido en estado natural

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO					
N° de Tarro		5	18	4	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	74.21	80.24	75.30	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	69.39	75.79	71.10	
Peso de Tarro	gr.	51.84	59.28	53.51	
Peso de Agua	gr.	4.82	4.45	4.20	
Peso del Suelo Seco	gr.	17.55	16.51	17.59	Límite Líquido
Contenido de Humedad	%	27.44	25.72	23.84	25
Numero de Golpes		15	23	33	
DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD					
N° de Tarro		10	12		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	41.57	38.66		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	41.20	38.35		
Peso de Tarro	gr.	39.33	36.86		
Peso de Agua	gr.	0.37	0.31		
Peso de Suelo seco	gr.	1.87	1.49		Límite Plástico
Contenido de Humedad	%	19.96	20.41		20

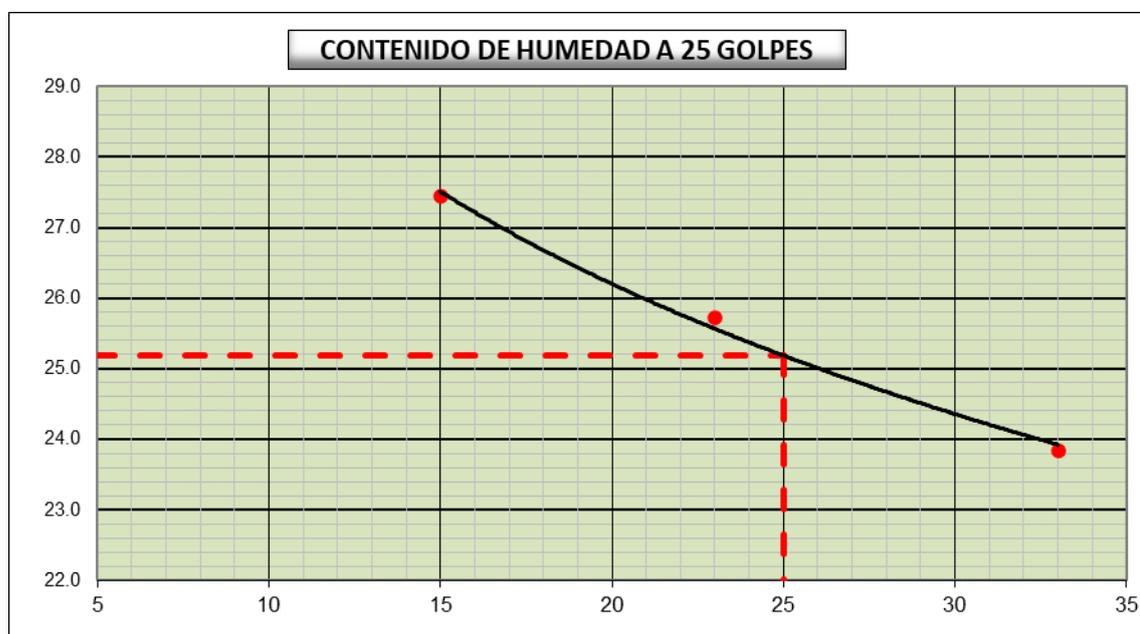


Figura 6 Gráfico Contenido de Humedad a 25 Golpes

Tabla 10 Determinación del límite líquido con adición de cloruro de sodio

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO					
N° de Tarro		11	14	15	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	84.29	82.51	78.00	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	80.47	78.27	73.80	
Peso de Tarro	gr.	65.73	61.08	56.08	
Peso de Agua	gr.	3.82	4.24	4.20	
Peso del Suelo Seco	gr.	14.74	17.19	17.72	Límite Líquido
Contenido de Humedad	%	25.90	24.67	23.71	25
Numero de Golpes		15	24	33	
DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD					
N° de Tarro		20	21		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	65.39	62.81		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	64.58	62.04		
Peso de Tarro	gr.	60.65	58.24		
Peso de Agua	gr.	0.81	0.77		
Peso de Suelo seco	gr.	3.93	3.80		Límite Plástico
Contenido de Humedad	%	20.66	20.24		20



Figura 7 Gráfico Contenido de Humedad a 25 Golpes con adición de cloruro de sodio

La variación del límite líquido del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca es de 25 % para límite líquido y 20% para límite plástico, no presentando variación.

4.1.4. Resultados de la variación del proctor modificado del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca.

Tabla 11 Relación densidad/ humedad (Proctor) en estado natural

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	953	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	4451	gr.	N° de golpes	25 Glp
NUMERO DE ENSAYOS						1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	11,430	11,890	12,155	12,040				
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	6,979	7,439	7,704	7,589				
Peso Volumetrico Humedo	gr.	7.323	7.806	8.084	7.963				
Recipiente Numero		-	-	-	-				
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	300	300	300	300				
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	291	285	280	275				
Peso de la Tara	gr.								
Peso del agua	gr.	9.0	14.6	20.0	25.0				
Peso del suelo seco	gr.	291	285	280	275				
Contenido de agua	%	7.8	9.8	11.3	13.9				
Densidad Seca	gr/cc	1.954	2.002	2.020	1.957				

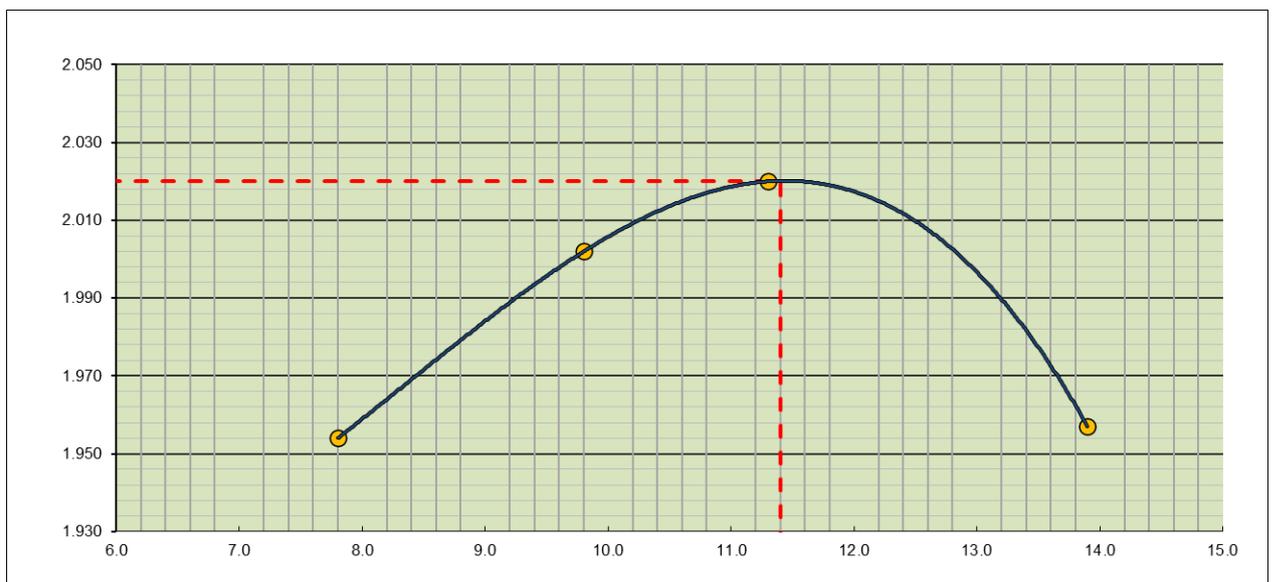


Figura 8 Gráfico relación humedad - densidad seca en estado natural

Tabla 12 Relación densidad/humedad (Proctor) con adición de cloruro de sodio

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	953	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	4451	gr.	N° de golpes	25 Glp
NUMERO DE ENSAYOS									
					1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde	gr.	11,430	11,890	12,155	12,040				
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	6,979	7,439	7,704	7,589				
Peso Volumetrico Humedo	gr.	7.323	7.806	8.084	7.963				
Recipiente Numero		-	-	-	-				
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	300	300	300	300				
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	291	285	280	275				
Peso de la Tara	gr.								
Peso del agua	gr.	9.0	14.6	20.0	25.0				
Peso del suelo seco	gr.	291	285	280	275				
Contenido de agua	%	7.5	9.5	11.4	13.7				
Densidad Seca	gr/cc	1.860	1.948	2.046	1.891				
RESULTADOS									
Densidad Máxima Seca		2.050	(gr/cm3)	Humedad óptima	11.8	%			
Densidad Máxima Seca Corregida			(gr/cm3)	Humedad óptima		%			

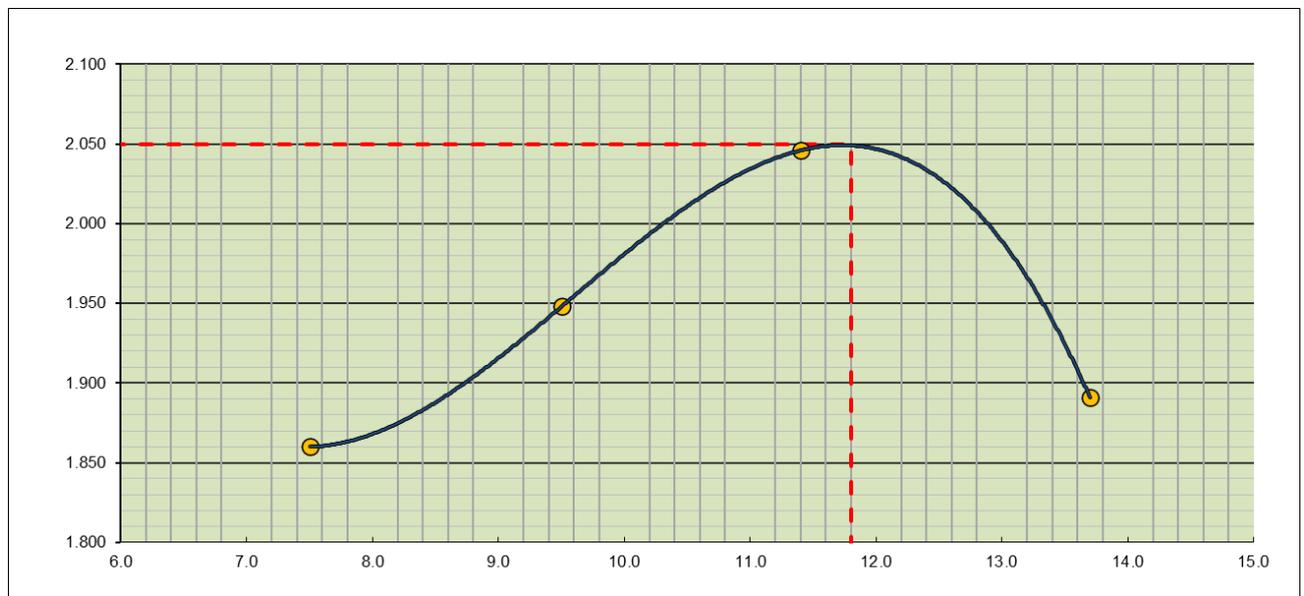
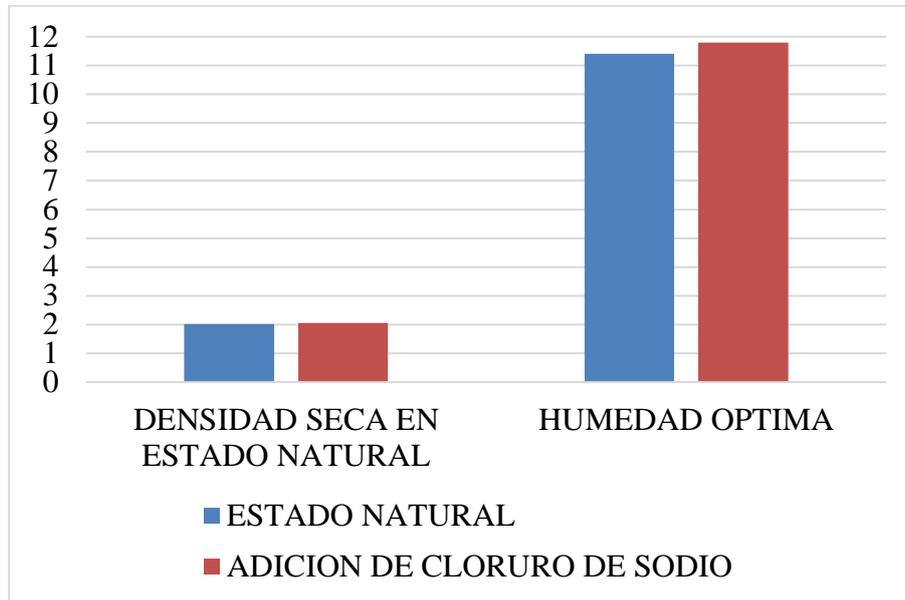


Figura 9 Gráfico relación humedad - densidad seca con adición de cloruro de sodio

Figura 10 Análisis de relación humedad/ densidad seca



La variación del proctor modificado del suelo con adición de cloruro de sodio aumenta con respecto al suelo en estado natural.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1. Discusión de resultados

Según la tabla 5 y figura 4, las características del suelo son según el análisis granulométrico por tamizado refleja la presencia gran cantidad de suelo entre el tamiz N° 10 y el tamiz N° 60, asimismo el suelo tiene un tamaño máximo nominal de 1 ½” y presenta limite liquido en 25.2 %, limite plástico en 20.0 % e índice de plasticidad en 5%, asimismo según clasificación SUCS es un suelo tipo SC – SM y suelo tipo AASHTO A- 1- b (0), concuerda con Guamán (2016) estabilizar el suelo con cloruro de sodio es de 2,5%, con el cual presentó un mejor comportamiento a diferencia de los otros porcentajes propuestos.

Según la tabla 6, 7 y figura 5, la variación de humedad del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca refleja con el suelo en estado natural tiene 4.9% y el suelo con adición de cloruro de sodio tiene 4.5%, observándose una reducción de 8.16%, concuerda con Durotoye, et al. (2016) que indica que el tratamiento dado al suelo expansivo con la adición de la sal común ha reducido los valores de las propiedades físicas.

Según la tabla 8 y 9, la variación del límite líquido del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca es de 25 % para límite líquido y 20%

para límite plástico, no presentando variación. Concuerta con Habiba Afrin (2017) que indica que en los resultados se pudo observar que los límites de Atterberg disminuyeron mientras se añadía en mayores cantidades los compuestos.

Según la tabla 10, 11, 12 y figura 6, 7 la variación del proctor modificado del suelo con adición de cloruro de sodio aumenta significativamente con respecto al suelo en estado natural. Concuerta con Palomino (2016) que indica que los valores de la compactación del suelo donde en el caso de la densidad seca surge un incremento en el rango de 1.900 gr/cm³ hasta 2.055 gr/cm³ cuando se adiciona el 12% de cloruro de sodio.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- 1 El análisis granulométrico por tamizado refleja la presencia gran cantidad de suelo entre el tamiz N° 10 y el tamiz N° 60, asimismo el suelo tiene un tamaño máximo nominal de 1 ½” y presenta limite liquido en 25.2 %, limite plástico en 20.0 % e índice de plasticidad en 5%, asimismo según clasificación SUCS es un suelo tipo SC – SM y suelo tipo AASHTO A- 1- b (0).
- 2 La variación de humedad del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca refleja con el suelo en estado natural tiene 4.9% y el suelo con adición de cloruro de sodio tiene 4.5%, observándose una reducción de 8.16%.
- 3 La variación del límite líquido del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca es de 25 % para límite líquido y 20% para límite plástico, no presentando variación.
- 4 La variación del proctor modificado del suelo con adición de cloruro de sodio aumenta significativamente con respecto al suelo en estado natural.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda analizar el suelo mediante el CBR, corte directo y otros ensayos.

Se recomienda analizar el suelo en estado natural y sin nivel freático.

Se recomienda extraer una muestra de suelo de varios puntos para determinar su análisis.

REFERENCIAS

7.1. Fuentes documentales

- Guamán, I. (2016). *Estudio del comportamiento de un suelo arcillosos estabilizado por dos métodos químicos (sal y cloruro de sodio)*. (Pre Grado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
- Quiroz, A (2020). *Estabilización de suelos con cloruro de sodio, en el camino de bajo volumen de transito desde el caserío Los Tubos hasta el caserío Pozo Cuarenta, Distrito de Mórrope, Provincia de Lambayeque, Departamento Lambayeque*. (Pre Grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú.
- Palomino, Y (2016). *Influencia de la adición de cloruro de sodio en el Índice de Bearing Ratio (CBR) de un suelo arcilloso*. (Pre Grado). Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú.
- Fernández, L (2018) *Estabilización de suelos arcillosos mediante adición de cloruro de sodio (NaCl) para uso de vías terrestres. Estudio de casos: Suelos de Chachapoyas, 2016*. (Pre Grado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Amazonas, Perú.
- Roldán, J. (2010). *Estabilización de Suelos con Cloruro de Sodio (NaCl) para bases y sub bases*. (Pre Grado). Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala.
- Brazzini, G. (2011). *Suelos Estabilizados Una Buena Alternativa Para La Conservación De Caminos No Pavimentados*. Lima, Perú.
- Hinrichsen, N. (2005). *Estudio de comportamiento de suelo estabilizado con sal: frente a la acción del agua para distintas mezclas*. (Pre Grado). Universidad Austral de Chile. Chile.
- Gutiérrez, C. (2010). *Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (Bichiofita) frente al cloruro de calcio*. Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú.

7.2. Fuentes bibliográficas

- Habiba, A (2017) Stabilization of Clayey Soils Using Chloride Components. American Journal of Civil Engineering. Vol. 5, No. 6, 2017, pp. 365-370.
- Durotoye, et al. (2016) Effect of Common Salt on the Engineering Properties of Expansive Soil. International Journal of Engineering and Technology, 6 (7). págs. 233-241.
- Cruz, A (2009). Mecánica de Suelos I. Cauca: Universidad del Cauca.
- NTP 339.134 (1999). Método para la clasificación de suelos con propósitos de Ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)
- NTP 339.128 (1999). Método de ensayo para el análisis granulométrico.
- NTP 339.127 (1999). Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.
- NTP 339.129 (1999). Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
- NTP 339.141 (1999) - Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada.
- Crespo, C. (2004). Mecánica de suelos y cimentaciones. México: Limusa
- Braja, B. (2001). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. México: Thomson Learning.
- MTC (2014). Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Perú: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- MTC. (2004). Estabilización química de suelos - Caracterización del estabilizado y evaluación de propiedades de comportamiento del suelo mejorado. Perú: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- Rodríguez, A. (2008). La ingeniería de suelos en las vías terrestres. México: Limusa S.A.C.
- Norma CE.020 (2012). Suelos y taludes. Perú: Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Sanz, J. (1995). Mecánica de Suelos. Barcelona: EDITIONS EYROLLES.

Gárnica, P. (2002). Mecánica de materiales para pavimentos. México: Instituto Mexicano del transporte.

Reyes, O. (2004). Uso de cloruro de sodio en bases granulares. Santiago de Cuba: Ediciones Obras.

Pérez, A. (2002). Estabilización de suelos con cloruro de sodio para su uso en vías terrestres. México: Instituto Mexicano de transporte.

Rico, A. (2008). La Ingeniería de Suelos en las vías terrestres. México: Limusa.

Gárnica, P. (2002). Mecánica de materiales para pavimentos. México: Instituto Mexicano del transporte.

7.3. Fuentes electronicas

Osorcio, S. (6 de Junio de 2015). La Ingeniería de Suelos. [blogpost]. Recuperado de <http://geotecnia-sor.blogspot.pe/2012/03/la-ingenieria-de-suelos.html>

Yepes, V. (06 de Junio de 2015). La estabilización de suelos, Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de: <http://procedimientosconstruccion.blogs.upv.es/tag/estabilizacion-de-suelos/>

Duarte, M. (7 de Junio de 1015). Mejoramiento de suelos con adiciones químicas. Obtenido de http://es.slideshare.net/magaduah/mejoramiento-de-suelos-conadiciones-qumicas?qid=dfafa78f-7624-4906-97b7-994f2199900d&v=&b=&from_search=1

Nadal, J. (1961). El suelo estabilizado, material de construcción. Informes De La Construcción, 14(136), 77-84. <https://doi.org/10.3989/ic.1961.v14.i136.4962>

Nolasco, M. (3 de Marzo de 2015). Arquis Arquitectura. Recuperado de: <http://www.arqhys.com/arquitectura/razones-estabilizar-suelo.html>

ANEXOS

ANEXO 1: ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO DEL SUELO NATURAL



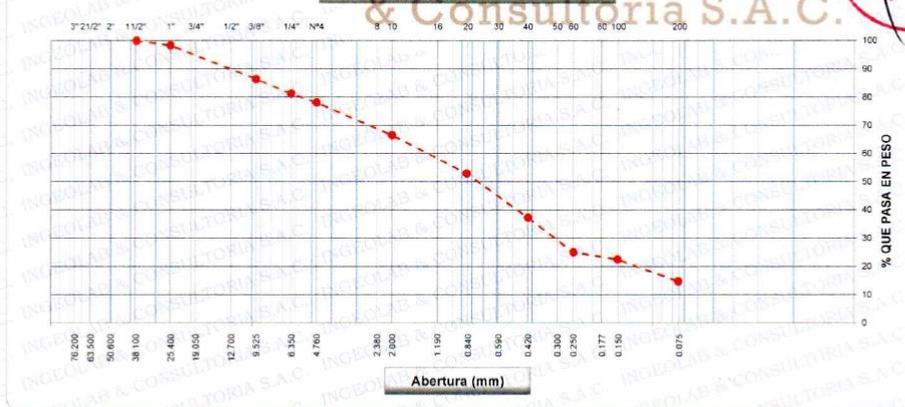
INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.
CONSULTORIA - CONSTRUCCIÓN - GEOTECNIA - GEOMÁTICA - LABORATORIO

SOLICITANTE	: MELGAREJO PAULINO LISBETH AZUCENA	TÉCNICO	: LUCIO I. FERNANDEZ MERCEDES
PROYECTO DE TESIS	: REYES DE LA CRUZ EVA SOFIA	ING° RESP.	: MIGUEL A. RODRIGUEZ MARTINEZ
UBICACIÓN	: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICO DEL SUELO CON ADICION DE CLORURO DE SODIO EN LA CALLE ANTIVAL, SUPE, BARRANCA	FECHA DE RECEPCIÓN	: 30/04/2022
MATERIAL	: CALLE ANTIVAL	FECHA DE ENSAYO	: 2/05/2022
MUESTRA	: SUB RASANTE	N° ENSAYO	: 837 - 2022-LAB INGEOLAB/EMS
PROFUNDIDAD	: M-1		
MATERIAL	: ACOPIO		
	: SC-SM		

ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) 14.292
3"	73.000						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) 527.0
2 1/2"	60.300						2. Características
2"	50.800						Tamaño Máximo 1 1/2"
1 1/2"	37.500				100.0		Tamaño Máximo Nominal 1"
1"	25.400	245	1.7	1.7	98.3		Grava (%) 21.8
3/4"	19.000	372	2.6	4.3	95.7		Arena (%) 63.4
1/2"	12.700	705	4.9	9.2	90.8		Finos (%) 14.8
3/8"	9.520	611	4.3	13.5	86.5		Módulo de Fineza (%)
1/4"	6.350	744	5.2	18.7	81.3		3. Clasificación
N° 4	4.750	442	3.1	21.8	78.2		Límite Líquido (%) 25.2
N° 8	2.360						Límite Plástico (%) 20.0
N° 10	2.000	78.78	11.7	33.5	66.5		Índice de Plasticidad (%) 5.0
N° 16	1.190						Clasificación SUCS SC-SM
N° 20	0.850	91.14	13.5	47.0	53.0		Clasificación AASHTO A-1-b (0)
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	105.45	15.6	62.7	37.3		
N° 50	0.300						
N° 60	0.250	82.46	12.2	74.9	25.1		
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	17.30	2.6	77.5	22.5		
N° 200	0.075	52.32	7.8	85.2	14.8		
Pasante		99.6	14.8	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES :

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.

[Signature]
TEC. LUCIO I. FERNANDEZ MERCEDES
INGENIERO CIVIL
LABORATORIO

[Signature]
INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.
MIGUEL A. RODRIGUEZ MARTINEZ
INGENIERO CIVIL
CIP N° 45219

Calle Carlos Manrique N° 420 Urb. El Milagro – Huaura
Movistar: 956 141 903 – 942 144 930 – Fijo 01 – 4962895
Email: ingeolab_consultoria@hotmail.com

Razon Social: INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.
RUC N° 20603772696
Consultoria de obra: Registro N° C112102

ANEXO 2: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO NATURAL



INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.

CONSULTORIA - CONSTRUCCIÓN - GEOTECNIA - GEOMÁTICA - LABORATORIO

SOLICITANTE	MELGAREJO PAULINO LISBETH AZUCENA	TÉCNICO	LUCIO I. FERNANDEZ MERCEDES
	REYES DE LA CRUZ EVA SOFIA		
PROYECTO DE TESIS	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICO DEL SUELO CON ADICION DE CLORURO DE SODIO EN LA CALLE ANTIVAL, SUPE, BARRANCA		
UBICACIÓN	CALLE ANTIVAL	ING° RESP.	MIGUEL A. RODRIGUEZ MARTINEZ
MATERIAL	SUB RASANTE	FECHA DE RECEPCIÓN	30/04/2022
MUESTRA	M-1	FECHA DE ENSAYO	2/05/2022
PROFUNDIDAD	ACOPIO	N° ENSAYO	838 - 2022-LAB INGEOLAB/EMS
MATERIAL	SC-SM		

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (MTC E 108 / ASTM D-2216)

Descripción	Identificación			
	1	2	3	4
Número Recipiente (gr)				
Peso de Tara (gr)				
Peso de la Tara + Peso del Suelo Húmedo (gr)	553.00			
Peso de la Tara + Peso del Suelo Seco (gr)	527.00			
Peso del Agua (gr)	26.00			
Peso del Suelo Seco (gr)	527.0			
Contenido de Humedad (%)	4.9			
Contenido de Humedad Promedio (%)		4.9		

OBSERVACIONES :

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante

Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOLAB & CONSULTORIA SAC.

INGEOLAB
& Consultoría S.A.C.



[Handwritten Signature]

INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.
[Handwritten Signature]
MIGUEL ALFREDO RODRIGUEZ MARTINEZ
Ingeniero Civil
R.C. N° 48269

Calle Carlos Manrique N° 420 Urb. El Milagro – Huaura
Movistar: 956 141 903 – 942 144 930 – Fijo 01 – 4962895
Email: ingeolab_consultoria@hotmail.com

Razon Social: INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.
RUC N° 20603772696
Consultoria de obra: Registro N° C112102

ANEXO 3: LIMITES DE CONSISTENCIA DEL SUELO NATURAL



INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.

CONSULTORIA - CONSTRUCCIÓN - GEOTECNIA - GEOMÁTICA - LABORATORIO

LIMITES DE CONSISTENCIA

SOLICITANTE	MELGAREJO PAULINO LISBETH AZUCENA		
	REYES DE LA CRUZ EVA SOFIA		
PROYECTO DE	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICO DEL SUELO CON ADICION DE CLORURO DE SODIO EN LA CALLE ANTIVAL, SUPE, BARRANCA		
UBICACIÓN	CALLE ANTIVAL	TÉCNICO	LUCIO I. FERNANDEZ MERCEDES
MATERIAL	SUB RASANTE	ING° RESP.	MIGUEL A. RODRIGUEZ MARTINEZ
MUESTRA	M-1	FECHA DE RECEPCIÓN	30/04/2022
PROFUNDIDAD	ACOPPIO	FECHA DE ENSAYO	2/05/2022
MATERIAL	SC-SM	N° ENSAYO	839 - 2022-LAB INGEOLAB/EMS

DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS MTC E 110 / NTP 339.129

N° de Tarro		5	18	4	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	74.21	80.04	75.30	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	69.39	75.79	71.10	
Peso de Tarro	gr.	51.84	59.28	53.51	
Peso de Agua	gr.	4.82	4.25	4.20	
Peso del Suelo Seco	gr.	17.55	16.51	17.59	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	27.44	25.72	23.84	25
Numero de Golpes		15	23	33	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) MTC E 111 / NTP 339.129

N° de Tarro		10	12	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	41.57	38.66	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	41.20	38.35	
Peso de Tarro	gr.	39.33	36.96	
Peso de Agua	gr.	0.37	0.31	
Peso de Suelo seco	gr.	1.87	1.49	Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	19.96	20.41	20



Calle Carlos Manrique N° 420 Urb. El Milagro – Huaura
 Movistar: 956 141 903 – 942 144 930 – Fijo 01 – 4962895
 Email: ingeolab_consultoria@hotmail.com

INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.
 MIGUEL ALFREDO RODRIGUEZ MARTINEZ
 INGENIERO CIVIL
 Nº de Colección: 4826719

Razon Social: INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.
 RUC N° 20603772696
 Consultoria de obra: Registro N° C112102

ANEXO 4: RELACIÓN DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) DEL SUELO NATURAL



INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.

CONSULTORIA - CONSTRUCCIÓN - GEOTECNIA - GEOMÁTICA - LABORATORIO

SOLICITANTE	MELGAREJO PAULINO LISBETH AZUCENA	TÉCNICO	LUCIO I. FERNANDEZ MERCEDES
PROYECTO DE T	REYES DE LA CRUZ EVA SOFIA	ING° RESP.	MIGUEL A. RODRIGUEZ MARTINEZ
UBICACIÓN	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICO DEL SUELO CON ADICION DE CLORURO DE SODIO EN LA CALLE ANTIVAL, SUPE, BARRANCA	FECHA DE RECEPCIÓN	30/04/2022
MATERIAL	CALLE ANTIVAL	FECHA DE ENSAYO	2/05/2022
MATERIAL	SUB RASANTE	N° ENSAYO	841 - 2022-LAB INGEOLAB/EMS
MUESTRA	M-1		
PROFUNDIDAD	ACOPIO		
MATERIAL	SC-SM		

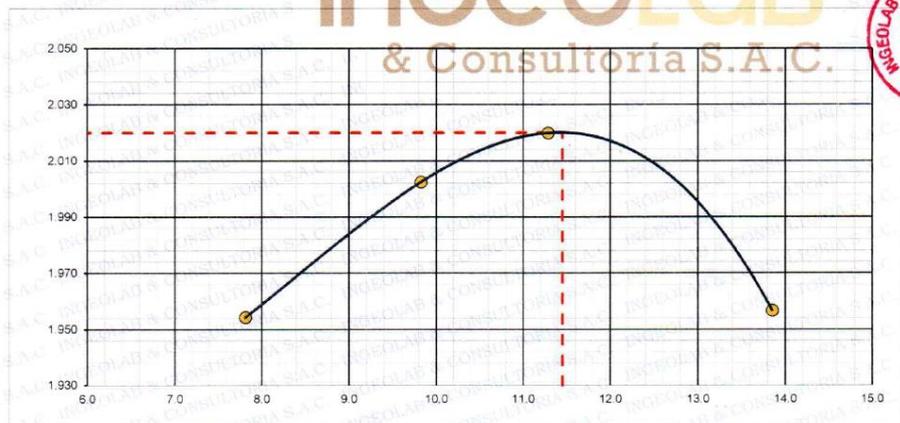
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) (MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)

Molde N° 1	Diametro Molde			Volumen Molde	944	m3.	N° de capas	5
	4"	6"						
Metodo	A	B	C	Peso Molde	4442	gr.	N° de golpes	25 Gtp
NUMERO DE ENSAYOS				1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde		gr.		6,431	6,518	6,564	6,545	
Peso Suelo Humedo Compactado		gr.		1,989	2,076	2,122	2,103	
Peso Volumetrico Humedo		gr.		2,107	2,199	2,248	2,228	
Recipiente Numero								
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.		276	313	355	337	
Peso Suelo Seco + Tara		gr.		256	285	319	296	
Peso de la Tara		gr.						
Peso del agua		gr.		20.0	28.0	36.0	41.0	
Peso del suelo seco		gr.		256	285	319	296	
Contenido de agua		%		7.8	9.8	11.3	13.9	
Densidad Seca		gr/cc		1,954	2,002	2,020	1,957	

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	2,020	(gr/cm ³)	Humedad óptima	11,4	(%)
Densidad Máxima Seca Corregida		(gr/cm ³)	Humedad óptima		%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES :

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante

Prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOLAB & CONSULTORIA SAC.

Calle Carlos Manrique N° 420 Urb. El Milagro – Huaura
 Movistar: 956 141 903 – 942 144 930 – Fijo 01 – 4962895
 Email: ingeolab_consultoria@hotmail.com


MIGUEL ALFREDO RODRIGUEZ MARTINEZ
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 45209

Razon Social: INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.
 RUC N° 2060372696
 Consultoria de obra: Registro N° C112102

ANEXO 5: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO CON ADICION DE CLORURO DE SODIO



INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.

CONSULTORIA - CONSTRUCCIÓN - GEOTECNIA - GEOMÁTICA - LABORATORIO

SOLICITANTE :	MELGAREJO PAULINO LISBETH AZUCENA REYES DE LA CRUZ EVA SOFIA		
PROYECTO DE TESIS :	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICO DEL SUELO CON ADICION DE CLORURO DE SODIO EN LA CALLE ANTIVAL, SUPE, BARRANCA		
UBICACIÓN :	CALLE ANTIVAL	TÉCNICO :	LUCIO I. FERNANDEZ MERCEDES
MATERIAL :	SUB RASANTE	ING° RESP. :	MIGUEL A. RODRIGUEZ MARTINEZ
MUESTRA :	M-1	FECHA DE RECEPCIÓN :	30/04/2022
PROFUNDIDAD :	ACOPIO	FECHA DE ENSAYO :	2/05/2022
MATERIAL :	SC-SM	N° ENSAYO :	842 - 2022-LAB INGEOLAB/EMS

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (MTC E 108 / ASTM D-2216)

Descripción	Identificación			
	1	2	3	4
Número Recipiente (gr)				
Peso de Tara (gr)				
Peso de la Tara + Peso del Suelo Húmedo (gr)	668.00			
Peso de la Tara + Peso del Suelo Seco (gr)	639.00			
Peso del Agua (gr)	29.00			
Peso del Suelo Seco (gr)	639.0			
Contenido de Humedad (%)	4.5			
Contenido de Humedad Promedio (%)			4.5	

OBSERVACIONES :

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante

Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOLAB & CONSULTORIA SAC.

INGEOLAB
& Consultoría S.A.C.



INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.
MIGUEL ALFREDO RODRIGUEZ MARTINEZ
INGENIERO CIVIL
R.C. CIP N° 49509

Calle Carlos Manrique N° 420 Urb. El Milagro – Huaura
Movistar: 956 141 903 – 942 144 930 – Fijo 01 – 4962895
Email: ingeolab_consultoria@hotmail.com

Razon Social: INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.
RUC N° 20603772696
Consultoria de obra: Registro N° C112102

ANEXO 6: LIMITES DE CONSISTENCIA DEL SUELO CON ADICION DE CLORURO DE SODIO



INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.
CONSULTORIA - CONSTRUCCIÓN - GEOTECNIA - GEOMÁTICA - LABORATORIO

LIMITES DE CONSISTENCIA

SOLICITANTE :	MELGAREJO PAULINO LISBETH AZUCENA REYES DE LA CRUZ EVA SOFIA			TÉCNICO :	LUCIO I. FERNANDEZ MERCEDES
PROYECTO DE TESIS :	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICO DEL SUELO CON ADICION DE CLORURO DE SODIO EN LA CALLE ANTIVAL, SUPE, BARRANCA			ING° RESP. :	MIGUEL A. RODRIGUEZ MARTINEZ
UBICACION :	CALLE ANTIVAL			FECHA DE RECEPCIÓN :	30/04/2022
MATERIAL :	SUB RASANTE			FECHA DE ENSAYO :	2/05/2022
MUESTRA :	M-1			N° ENSAYO :	843 - 2022-LAB INGEOLAB/EMS
PROFUNDIDAD :	ACOPIO				
MATERIAL :	SC-SM				

DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS MTC E 110 / NTP 339.129

N° de Tarro		11	14	15	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	84.29	82.51	78.00	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	80.47	78.27	73.80	
Peso de Tarro	gr.	65.73	61.08	56.08	
Peso de Agua	gr.	3.82	4.24	4.20	
Peso del Suelo Seco	gr.	14.74	17.19	17.72	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	25.90	24.67	23.71	25
Numero de Golpes		15	24	33	

DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) MTC E 111 / NTP 339.129

N° de Tarro		20	21	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	66.39	62.81	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	64.58	62.04	
Peso de Tarro	gr.	60.65	58.24	
Peso de Agua	gr.	0.81	0.77	
Peso de Suelo seco	gr.	3.93	3.80	Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	20.66	20.24	20



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	25
Limite Plastico	20
Indice de Plasticidad	5
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

OBSERVACIONES :
El uso de la informacion contenida en este documento es responsabilidad del solicitante
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOLAB & CONSULTORIA SAC.

INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.
 TEC. LUCIO I. FERNANDEZ MERCEDES
 TEC. DE LABORATORIO

INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.
 MIGUEL ALFREDO RODRIGUEZ MARTINEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. COP N° 45209

Calle Carlos Manrique N° 420 Urb. El Milagro – Huaura
Movistar: 956 141 903 – 942 144 930 – Fijo 01 – 4962895
Email: ingeolab_consultoria@hotmail.com

Razon Social: INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.
RUC N° 20603772696
Consultoria de obra: Registro N° C112102

ANEXO 7: RELACIÓN DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) DEL SUELO CON ADICION DE CLORURO DE SODIO



INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.

CONSULTORIA - CONSTRUCCIÓN - GEOTECNIA - GEOMÁTICA - LABORATORIO

SOLICITANTE :	MELGAREJO PAULINO LISBETH AZUCENA	TÉCNICO :	LUCIO I. FERNANDEZ MERCEDES
PROYECTO DE TESIS :	REYES DE LA CRUZ EVA SOFIA ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICO DEL SUELO CON ADICION DE CLORURO DE SODIO EN LA CALLE ANTIVAL, SUPE, BARRANCA	ING° RESP. :	MIGUEL A. RODRIGUEZ MARTINEZ
UBICACIÓN :	CALLE ANTIVAL	FECHA DE RECEPCIÓN :	30/04/2022
MATERIAL :	SUB RASANTE	FECHA DE ENSAYO :	2/05/2022
MUESTRA :	M-1	N° ENSAYO :	844 - 2022-LAB INGEOLAB/EMS
PROFUNDIDAD :	ACOPIO		
MATERIAL :	SC-SM		

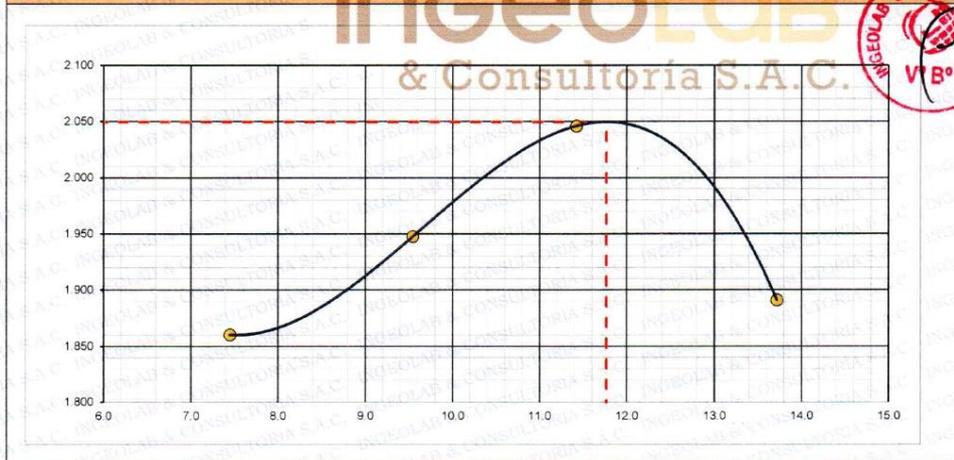
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) (MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)

Molde N° 1	Diametro Molde			Volumen Molde	944	m3.	N° de capas	5
	Metodo	4"	6"					
NUMERO DE ENSAYOS								
					1	2	3	4
Peso Suelo + Molde			gr.		6,329	6,456	6,594	6,472
Peso Suelo Humedo Compactado			gr.		1,887	2,014	2,152	2,030
Peso Volumetrico Humedo			gr.		1,999	2,133	2,280	2,150
Recipiente Numero								
Peso Suelo Humedo + Tara			gr.		274	287	322	315
Peso Suelo Seco + Tara			gr.		255	262	289	277
Peso de la Tara			gr.					
Peso del agua			gr.		19.0	25.0	33.0	38.0
Peso del suelo seco			gr.		255	262	289	277
Contenido de agua			%		7.5	9.5	11.4	13.7
Densidad Seca			gr/cc		1.860	1.948	2.048	1.891

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	2.050	(gr/cm3)	Humedad óptima	11.8	(%)
Densidad Máxima Seca Corregida		(gr/cm3)	Humedad óptima		%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES :

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOLAB & CONSULTORIA SAC.

[Handwritten Signature]

Calle Carlos Manrique N° 420 Urb. El Milagro – Huaura
Movistar: 956 141 903 – 942 144 930 – Fijo 01 – 4962895
Email: ingeolab_consultoria@hotmail.com

INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.

MIGUEL ALFREDO RODRIGUEZ MARTINEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. C.º N° 40209

Razon Social: INGEOLAB & CONSULTORIA S.A.C.
RUC N° 2060372696
Consultoria de obra: Registro N° C112102

ANEXO 8: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 13 Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	METODOLOGIA
<p style="text-align: center;">Problema General</p> <p>¿Cuáles son las propiedades físico-mecánico del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca?</p> <p style="text-align: center;">Problemas Específicos</p> <p>¿Cuál es la variación de humedad del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca?</p> <p>¿Cuál es la variación del límite líquido del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca?</p> <p>¿Cuál es la variación del proctor modificado del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca?</p>	<p style="text-align: center;">Objetivo General</p> <p>Determinar cuáles son las propiedades físico-mecánico del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca.</p> <p style="text-align: center;">Objetivos Específicos</p> <p>Determinar cuál es la variación de humedad del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca.</p> <p>Determinar cuál es la variación del límite líquido del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca.</p> <p>Determinar cuál es la variación del proctor modificado del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca.</p>	<p style="text-align: center;">Hipótesis General</p> <p>Las propiedades físico-mecánico del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca incrementa moderadamente.</p> <p style="text-align: center;">Hipótesis Específicos</p> <p>La variación de humedad del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca incrementa moderadamente.</p> <p>La variación del límite líquido del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca incrementa moderadamente.</p> <p>La variación del proctor modificado del suelo con adición de cloruro de sodio en la calle Antival, Supe, Barranca incrementa moderadamente.</p>	<p style="text-align: center;">Variable 1</p> <p>Cloruro de sodio</p> <p style="text-align: center;">Variable 2</p> <p>Propiedades físico-mecánicas del suelo</p>	<p style="text-align: center;">Dimensiones</p> <p>Tipo de sal</p> <hr/> <p>Contenido de humedad</p> <p>Límites de Atterberg</p> <p>Proctor modificado</p>	<p style="text-align: center;">Tipo de investigación</p> <p>Aplicada</p> <p style="text-align: center;">Diseño de investigación</p> <p>Experimental</p> <p style="text-align: center;">Población</p> <p>La población se encuentra conformada por las vías no pavimentadas del distrito de Supe, Barranca.</p> <p style="text-align: center;">Muestra</p> <p>La muestra con la que se procederá al desarrollo de la investigación será de los 0.5 km en la calle Antival, Supe, Barranca.</p>