UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TESIS:

COMPORTAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS AL AGREGARLE CLORURO DE SODIO COMO ADITIVO ESTABILIZANTE

PRESENTA:

GUEVARA ARGUETA, SANTOS MOÍSES

PORTILLO VIDES, ANA MAGDALENA

SEGURA ARIAS, MARLON DAVID

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

DOCENTE DIRECTOR:

ING. MANUEL DOLORES QUINTANILLA

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE 2021

SAN MIGUEL **EL SALVADOR** **CENTRO AMÉRICA**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES

MCS. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO
RECTOR

PHD. RAÚL ERNESTO AZCÚNAGA LÓPEZ
VICERRECTOR ACADÉMICO

ING. FRANCISCO ALARCÓN
SECRETARIO GENERAL

LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARIN
FISCAL

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

AUTORIDADES

LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

DECANO

LIC. ÓSCAR VILLALOBOS

VICEDECANO

LIC. ISRAEL LÓPEZ MIRANDA

SECRETARIO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

AUTORIDADES

ING. RIGOBERTO LOPEZ

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCÍA

COORDINADORA DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. MAUEL DOLORES QUINTANILLA QUINTANILLA

DOCENTE DIRECTOR

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OPCIÓN AL GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

TÍTULO:

COMPORTAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS AL AGREGARLE CLORURO DE SODIO COMO ADITIVO ESTABILIZANTE

PRESENTADO POR:

GUEVARA ARGUETA, SANTOS MOISÉS
PORTILLO VIDES, ANA MAGDALENA
SEGURA ARIAS, MARLON DAVID

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

ING. MANUEL DOLORES QUINTANILLA

DOCENTE DIRECTOR

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE 2021

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCÍA

COORDINADORA DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. MANUEL DOLORES QUINTANILLA QUINTANILLA

DOCENTE DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecemos a la Universidad de El Salvador por ser nuestra casa de estudios.

A nuestros padres por todo su apoyo en los momentos que necesitamos de ellos, a nuestros hermanos igualmente por su apoyo incondicional, a los familiares y amigos que estuvieron con nosotros, con sus palabras de ánimo y apoyo moral.

Al docente director en el proyecto de graduación **Ing. Manuel Dolores Quintanilla Quintanilla** por su apoyo y dedicación a nuestro trabajo de graduación, al **Ing. Rigoberto López** por ser un gran docente y por sus aportes a nuestra tesis.

De una manera muy especial queremos agradecer al excelentísimo **Ing. José Ismael Guevara** quien descansa en paz, por habernos brindado asesoría y ayuda en el método estadístico utilizado en nuestra investigación.

Al **Ing. Román Zavala Flores**por permitirnos utilizar las instalaciones de su empresa **MZ CONSULTORES S.A. DE C.V.** para realizar todas las pruebas correspondientes en el laboratorio de suelos y materiales, al **Tec. Oscar Rene Chicas** por su asesoría y dedicación y al demás personal de la empresa infinitas gracias por su colaboración.

Santos Moisés Guevara Argueta

Ana Magdalena Portillo Vides **Marlon David Segura Arias**

DEDICATORIA

Primeramente, quiero agradecer a mi madre **Ana Lorena Vides** por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera y mi vida en general, por esas palabras de apoyo en los momentos difíciles y por su apoyo económico que ha sido de mucha ayuda para culminar mis estudios y mi carrera universitaria.

A mi padre **Walter Oscar Portillo** por su apoyo incondicional y por alentarme a continuar con mis estudios y mi carrera universitaria, por siempre estar al pendiente de mí y de mi carrera.

A mis hermanos por siempre apoyarme y estar pendiente de mí y a todos los familiares que de una u otra forma siempre me han apoyado con alguna palabra de ánimo durante todo el proceso.

De una manera sumamente especial quiero dedicar este trabajo a mi gran amigo Santos Moisés Guevara Argueta, porque desde el principio de la carrera se convirtió en una persona muy importante en mi vida hasta el punto de llegar a ser casi mi hermano porque juntos nos esforzamos para culminar nuestra carrera y que lamentablemente el no pudo lograr llegar hasta este momento pero que trabajo incansablemente para la realización de este trabajo y que ahora descansa en paz.

A todos los amigos y compañeros que han formado parte de mi vida y que me han apoyado para lograr mis metas.

Muchas gracias.

ANA MAGDALENA PORTILLO VIDES

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a la memoria de mi querido y entrañable amigo y compañero **Santos Moisés Guevara Argueta**, quien para mí fue como un hermano, con quien compartimos incontables momentos de alegría y las mayores dificultades durante nuestra carrera universitaria, su apoyo fue fundamental para continuar cuando quise rendirme. Gran parte de este trabajo es fruto de su esfuerzo y dedicación.

Con mucho amor a mis padres **Vilma Margarita Arias** y **Manuel de Jesús Segura** por todo el sacrificio y apoyo durante toda mi vida y a lo largo de mi carrera universitaria.

A mis hermanos, familiares, compañeros y amigos que incondicionalmente brindaron su ayuda para el logro de este triunfo.

MARLON DAVID SEGURA ARIAS

RESUMEN

El objetivo principal que se presenta en esta tesis es analizar el comportamiento de un suelo arcilloso al agregarle cloruro de sodio (NaCl) como aditivo estabilizante en dosificaciones de 5%, 10%, 15% y 20%. Para el desarrollo de esta investigación se extrajo una muestra de arcilla de la calle de acceso norte de la UES-FMO, seguidamente este suelo fue analizado y ensayado en laboratorio. Los ensayos que se realizaron al suelo tanto en estado natural, así como con la adición en diferentes dosificaciones de NaCl, fueron los siguientes: Limites de atterberg, Proctor modificado, CBR y ensayo de compresión simple. Los datos obtenidos en los ensayos mencionados se analizaron para determinar la influencia del cloruro de sodio. Se determinó la variación de índice de plasticidad (IP) el cual fue disminuyendo a medida que se iba aumentando la dosificación de NaCl; con un 20% de NaCl, el IP se redujo hasta 56.7% en comparación con el IP de la muestra de suelo natural. En cuanto a los parámetros de compactación se obtuvo una densidad seca de 1,425 kg/m3 para la muestra de suelo natural, el valor máximo se obtuvo al agregar el 10% de NaCl, con un valor de 1580 kg/m3. Para el índice de CBR no se percibieron cambios, ya que se determinó un valor de 0.32%, tanto para la muestra natural como para la adición de las diferentes dosificaciones. Los resultados de resistencia a compresión al agregar NaCl no fueron favorables, ya que fueron decrecientes a medida que se aumentaron las dosificaciones.

Palabras clave: arcilla, aditivo, cloruro de sodio, límites de Atterberg, Proctor, resistencia.

ABSTRACT

The main objective presented in this thesis is to analyze the behavior of clayey soil by adding sodium chloride (NaCl) as a stabilizing additive in dosages of 5%, 10%, 15%, and 20%. For the development of this research, a sample of clay was extracted from the north access street of the UES-FMO, then this soil was analyzed and tested in the laboratory. The tests that were carried out on the soil both in its natural state, as well as with the addition of different dosages of NaCl, were the following: Atterberg limits, modified Proctor, CBR, and simple compression test. The data obtained in the aforementioned tests were analyzed to determine the influence of sodium chloride. The plasticity index (IP) variation was determined, which decreased as the NaCl dosage increased; with 20% NaCl, the IP was reduced up to 56.7% compared to the IP of the natural soil sample. Regarding the compaction parameters, a dry density of 1,425 kg/m3 was obtained for the natural soil sample, the maximum value was obtained by adding 10% NaCl, with a value of 1580 kg/m3. For the CBR index, no changes were perceived, since a value of 0.32% was determined, both for the natural sample and for the addition of the different dosages. The compressive strength results when adding NaCl were not favorable, since they decreased as the dosages increased.

Keywords: clay, additive, sodium chloride, Atterberg limits, Proctor, resistance**.**

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS 7

DEDICATORIA 8, 9

RESUMEN 10

ABSTRACT 11

INTRODUCCION i

CAPÍTULO 1 1

GENERALIDADES 1

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2

1.2 ANTECEDENTES 4

1.3 JUSTIFICACION 5

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES 7

1.7 METODOLOGIA 9

CAPÍTULO 2 . MARCO TEORICO 17

2.1 GENERALIDADES DE LOS PAVIMENTOS 18

2.1.1 Definición de pavimentos. 18

2.2 ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO 19

2.2.1 Tipos de pavimento 19

2.2.2 Elementos que integran el Pavimento Flexible 19

2.2.3 Elementos que integran el Pavimento Rígido 25

2.2.4 Diferencias entre pavimentos de concreto y de asfalto 26

2.3 LA RED VIAL EN EL SALVADOR. 27

2.3.1 Definiciones de Vías 28

2.4 GENERALIDAD DE LOS SUELOS 29

2.4.1 Suelos y materiales utilizados en estructuras viales. 29

2.4.2 Concepto y origen del suelo. 30

2.4.3 Depósitos de suelo natural. 31

2.4.4 Tamaño de las partículas de suelo. 32

2.4.5 Análisis mecánico del suelo. 34

2.4.6 Consistencia del suelo. 37

2.4.7 Clasificación de suelos 43

2.5 ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE SODIO NaCl (SAL) 47

2.5.1 Cloruro de sodio 49

2.6 COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS ESTABILIZADOS CON CLORURO DE SODIO 52

2.6.1 Cambio en el peso volumétrico con la adición de sal 53

2.6.2 Formas de aplicar el cloruro de sodio a los suelos 53

2.7 ESTABILIZACION DE SUELOS PARA PAVIMENTOS 55

2.7.1 Estabilización de Suelos 56

2.7.2 Métodos de estabilización de suelos 56

CAPÍTULO 3 . DESCRIPCION DE PRUEBAS DE LABORATORIO 59

3.1 REDUCCIÓN DE MUESTRAS A TAMAÑO DE ENSAYO AASHTO T 248-02 60

3.1.1 Selección del método. 60

3.2.3 Cálculos: 62

3.3 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS DE SUELO 63

3.3.1 Material y equipo: 63

3.3.2 Procedimiento: 64

3.3.3 Determinación del gráfico del análisis granulométrico 67

3.4 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS 68

3.4.1 Material y equipo: 68

3.4.2 Preparación del equipo 69

3.3.4 CALCULOS: 76

3.5 DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN DE SUELOS 77

3.5.1 Material y equipo: 77

3.5.2 Procedimiento: 77

3.6 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL VALOR DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR) 83

3.7 MOLDEADO DE PROBETAS PARA ENSAYO A COMPRESION (ASTM D-1632) . 89

CAPÍTULO 4 . ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS 90

4.1 Determinación del tamaño de las partículas de suelos (ASTM d-422 / AASHTO t-88)... 91

4.2 Determinación del límite líquido, limite plástico e índice de plasticidad de suelos 92

4.3 Determinación de la relación densidad-humedad de suelo (AASHTO T-180) 94

4.4 Valor soportante relativo (C. B. R.) 95

4.5 Resultados de prueba de compresión. 96

4.6 Análisis estadístico 97

CAPÍTULO 5 108

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 108

5.1 CONCLUSIONES 109

5.2 RECOMENDACIONES 111

BIBLIOGRAFÍA 112

ANEXOS 113

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Niveles de los factores considerados en el diseño del experimento. 10

Tabla 1.2 Tratamientos de la mezcla sal-arcilla y sus respectivos grados de libertad. 11

Tabla 1.3 Matriz de consistencia. 11

Tabla 1.4 Operacionalización de variables. 12

Tabla 1.5 Ensayos a muestras en estado natural 13

Tabla 1.6 Ensayos a mezclas suelo-sal 14

Tabla 1.7 Instrumento para la recolección de datos para análisis de varianza (ANOVA) 15

Tabla 2.1. Límites de tamaño de suelos separados 33

Tabla 2.2. Normas y ensayos requeridos para realizar granulometría 37

Tabla 2.3. Sistema Unificado de Clasificación de suelos 46

Tabla 2.4. Propiedades del cloruro de sodio 51

Tabla 3.1 Masa mínima de muestra para la determinación del contenido de humedad. 61

Tabla 3.2. Juego de tamices estándar. 63

Tabla 3.3. Masa mínima de la porción de suelo retenida en el tamiz No 10 a utilizar en el tamizado, según el tamaño máximo de las partículas. 65

Tabla 3.4. Masa mínima de la porción de suelo que pasa el tamiz No 10, según el tipo de suelo. 65

Tabla 3.5. Tiempo requerido para el reposo de especímenes húmedos. 80

Tabla 4.1 Resultados de granulometría para PCA 1. 91

Tabla 4.2Resultados de granulometría para PCA 2. 92

Tabla 4.3. Límites de atterberg PCA 1. 93

Tabla 4.4. Límites de atterberg PCA 2. 93

Tabla 4.5. Límites de Atterberg PCA 1, repetición. 93

Tabla 4.6 Densidad seca y Humedad optima, PCA 1. 94

Tabla 4.7 Densidad seca y Humedad optima, PCA 2. 94

Tabla 4.8 Densidad seca y Humedad optima PCA 1, repetición. 94

Tabla 4.9 Valores de CBR, PCA 1. 95

Tabla 4.10 Valores de CBR, PCA 2. 95

Tabla 4.11 Valores de CBR, PCA 1, repetición. 95

Tabla 4.12 Resultados de resistencia a compresión de los diferentes tratamientos. 96

Tabla 4.13 Análisis de varianza (ANOVA) de un factor, perteneciente al diseño completamente al azar en arreglo factorial 4x3 con igual número de observaciones. 97

Tabla 4.14 Resistencia promedio, perteneciente al diseño completamente al azar en arreglo factorial 4x3 con igual número de observaciones. 97

Tabla 4.15 Resistencia promedio, perteneciente al diseño completamente al azar en arreglo factorial 4x3 con igual número de observaciones. 98

Tabla 4.16 Análisis de prueba de Duncan. 99

Tabla 4.17 Análisis de varianza (ANOVA) de un factor. 100

Tabla 4.18 Densidad seca promedio perteneciente a análisis de varianza de un factor. 100

Tabla 4.19 Humedad promedio perteneciente a análisis de varianza de un factor. 100

Tabla 4.20 Análisis de prueba de Duncan para resultados de Densidad seca. 101

Tabla 4.21 Análisis de prueba de Duncan para resultados de Humedad 102

Tabla 4.22 Análisis de varianza (ANOVA) de un factor. 103

Tabla 4.23 Limite liquido promedio perteneciente a análisis de varianza de un factor. 103

Tabla 4.24 Limite plástico promedio perteneciente a análisis de varianza de un factor. 104

Tabla 4.25 Índice de plasticidad promedio perteneciente a análisis de varianza de un factor. .. 104

Tabla 4.26 Análisis de prueba de Duncan para resultados de limite liquido. 104

Tabla 4.27 Análisis de prueba de Duncan para resultados de limite plástico. 105

Tabla 4.28 Análisis de prueba de Duncan para resultados de Índice de plasticidad. 106

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Elementos que conforman el pavimento flexible 20

Figura 2.2. Conformación de base granular 23

Figura 2.3 Superficie de rodadura 25

Figura 2.4. Elementos que integran el pavimento rígido 25

Figura 2.5. Diferencia entre pavimentos rígido y flexible 26

Figura 2.6 Graduación del suelo según el tamaño de las partículas. 36

Figura 2.7. Estados básicos del suelo 38

Figura 2.8. Procedimiento para la prueba del límite liquido 39

Figura 2.9. Prueba del límite líquido: (a) dispositivo para la prueba; (b) ranurador; (c) pasta de suelo antes de la prueba; (d) pasta de suelo después de la prueba 39

Figura 2.10. Procedimiento para la prueba del límite plástico. 40

Figura 2.11. Límite de consistencia de los suelos. 42

Figura 2.12. Determinación del límite de contracción del suelo 43

Figura 2.13. Estructura del cloruro de sodio 49

Figura 2.14. Aplicación de cloruro de sodio al suelo 54

Figura 2.15. Salmuera 55

Figura 2.16. Métodos de estabilización de suelos 56

Figura 3.1 Reducción de muestra a tamaño ensayo 60

Figura 3.2 Equipo utilizado para ensayo de granulometría; juego de tamices, basculas, y recipientes de secado 64

Figura 3.3 Lavado de muestra (paso 9). 66

Figuras 3.4 Realización de tamizaje. 67

Figura 3.5 Equipo utilizado durante el ensayo del límite líquido; a) Copa de Casagrande; b) recipiente de porcelana; c) espátula; d) ranuradores planos; e) calibrador. 68

Figura 3.6 Verificación de la altura de caída. 71

Figura 3.7 Muestra de la ranura del suelo en la copa del aparato para límite líquido. 72

Figura 3.8 Detalle del cierre de la ranura de la pasta de suelo en el fondo de la copa durante el ensayo del límite líquido. 73

Figura 3.9 Rolado de la barrita de suelo. 74

Figura 3.10 Porciones de suelo resquebrajado obtenidas durante el ensayo del límite plástico... 75

Figura 3.11 Humedecimiento de la muestra para obtener la humedad requerida para el ensayo Proctor. 80

Figura 3.12 Compactación de la primera capa de suelo molde Proctor 81

Figura 3.13 Moldes, contrapesos y collar de extensión. 86

Figura 3.14 remojo de muestra. 86

Figura 3.15 prueba de penetración. 88

Figura 3.16 moldeado de especímenes. 89

Figura 3.17 Curado de especímenes. 89

Figura 3.18 Ruptura de probeta, ensayo a compresión. 89

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 Curva granulométrica de arcilla de PCA 1. 91

Gráfico 4.2 Curva granulométrica de arcilla de PCA 2. 92

Gráfico 4.3 Grafico resistencia a la compresión vs. % de NaCl para cada edad. 98

Gráfico 4.4 Grafico resistencia promedio a la compresión vs. % de NaCl para cada edad. 99

Gráfico 4.5 Gráfico resistencia seca promedio versus % de NaCl. 101

Gráfico 4.6 Grafico humedad promedio vs. % de NaCl. 102

Gráfico 4.7 Grafico limites líquidos vs. % de NaCl. 105

Gráfico 4.8 Grafico limites plástico vs. % de NaCl. 106

Gráfico 4.9 Grafico índice de plasticidad vs. % de NaCl. 107

INTRODUCCION

En las construcciones de obras civiles las arcillas presentan un problema técnico y económico que requiere ser mitigado de varias maneras entra las que podemos mencionar la restitución de suelos, estabilización entre otros.

Cuando un suelo presenta resistencia suficiente para no sufrir deformaciones ni desgastes inadmisibles por la acción del uso o de los agentes atmosféricos y conserva además esta condición bajo los efectos climatológicos normales en la localidad, se dice que el suelo es estable. El suelo natural posee a veces la composición granulométrica y la plasticidad, así como el grado de humedad necesario para que, una vez apisonado, presente las características mecánicas que lo hacen utilizable como firme de un camino.

En general puede decirse que todos los suelos pueden ser estabilizados, pero si la estabilización ha de lograrse por aportaciones de otros suelos o por medios de otros elementos (por ejemplo, cemento, cal, cloruro de sodio) el costo de la operación puede resultar demasiado alto si el suelo que se trata de corregir no posee determinadas condiciones.

El presente trabajo es el resultado de una investigación que partiendo de la economía en la construcción y la poca investigación en nuestra zona de este material tiene en cuenta el cloruro de sodio para estabilizar las cimentaciones. se propone el empleo de este material como aditivo estabilizante para los suelos arcillosos.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El suelo se describe como una mezcla de minerales y materia orgánica que se encuentra en la superficie de la tierra y sirve como soporte a las obras que ha construido el hombre a lo largo de la historia de la civilización.

El suelo se deforma bajo la acción de las cargas directas, o a las transmitidas por las estructuras de alta calidad, si no tiene la debida resistencia; esta debe tener valores que no desciendan en ninguna circunstancia de los que exigen las cargas que ha de soportar. Es sabido que, especialmente en ciertos tipos de suelo, su resistencia varía ampliamente al cambiar la proporción del agua que contiene. El mejoramiento de los suelos ha atendido a diversos requerimientos, tales como la resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad o compresibilidad, la estabilidad volumétrica ante la presencia de agua, entre otros, buscando en todos los casos, un buen comportamiento esfuerzo deformación de los suelos y de la estructura que se coloque sobre ellos, a lo largo de su vida útil.

La estabilización de los suelos en la ingeniería práctica, particularmente en las vías terrestres, ha sido una técnica ampliamente utilizada para mejorar el comportamiento esfuerzo deformación de los suelos.

Existen diversos tipos de estabilización de suelos, entre los cuales podemos mencionar: Estabilización mecánica, Estabilización física, Estabilización fisicoquímica, Estabilización Química.

La estabilización química de suelos se ha convertido en una alternativa seria a considerar en los últimos años, a partir de contar con una gran cantidad de variables que han sido evaluadas y construidas con este método en los últimos años obteniéndose muy buenos resultados. Esta responde a la aplicación de productos químicos, los que generalmente son productos que poseen

una “patente”, tales como: Cal, Cemento Portland, Productos asfálticos, Cloruro de sodio y cloruro de calcio, Escorias de fundición, Polímeros, Hule de neumáticos.

En los terrenos arcillosos que son los que predominan en la Facultad Multidisciplinaria Oriental, es altamente probable encontrar problemas de baja capacidad para soportar cargas e inestabilidades volumétricas ante los cambios de humedad.

1.2 ANTECEDENTES

Desde la antigüedad el hombre ha buscado la manera de mantener en buen estado las vías de comunicación y de hacer uso de los materiales que tiene a su alrededor, aunque en ocasiones el material que se encuentra en los sitios de construcción no es adecuado para dichos propósitos, surgió la necesidad de mejorar las propiedades conociéndose este proceso como estabilización.

La cal hidratada es el agente estabilizador que se ha usado más profusamente a través de la historia, pero solo recientemente se han hecho estudios científicos relacionados a su empleo como estabilizador de suelos y se han cuantificados sus magníficos resultados.

Con el paso de los años el hombre ha empleado diferentes materiales para obtener mejores resultados en cuanto a la resistencia de suelos con capacidades de carga bajas, para evitar problemas de expansión en las cimentaciones o asentamientos que pueden ser la causa de un colapso total de la estructura.

El cloruro de sodio (sal de cocina) para la estabilización de arcillas no ha sido utilizado ni estudiado en nuestro medio, sin embargo, en otros países esta técnica ya sido implementada dando resultados satisfactorios.

Elmer Caruajulca Chávez, 2018, en su tesis “Influencia del aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de la carretera tramo cruce el Porongo – aeropuerto – Cajamarca” plantea que el CBR tuvo un aumento al adicionar cloruro de sodio al suelo; Solano Rico & Niño Carreño, 2010, en su tesis titulada “Evaluación de la estabilización de arcillas expansivas en laboratorio implementando pilotines con cal y sal” desarrollada en la ciudad de Santander concluyó que entre los aditivos utilizados cal y sal, se encontró resultados más óptimos con la cal, obteniéndose una disminución significativa en los límites de Atterberg y en su potencial de expansión; con la sal también se pudo conseguir disminución pero menos considerable.

1.3 JUSTIFICACION

Desde tiempos muy antiguos los suelos con alta plasticidad han sido un obstáculo para la realización de obras civiles, el cual muchas veces se prefiere reemplazar en su totalidad que ser tratado para mejorar sus propiedades.

La presencia de suelos cohesivos en la construcción de obras de infraestructura viales puede ser poco apreciable debido al recubrimiento de la base con pavimentos rígidos o flexibles, por el contrario, en vías rurales esto efecto es más apreciable debido a que las calles solo cuentan con el terreno natural o en ocasiones cubiertas con algún material de otro banco de materiales.

Debido a que la presencia del suelo en la facultad multidisciplinaria oriental es de carácter arcilloso, por este motivo hemos tomado como objeto de estudio suelo de este sitio para analizar el comportamiento que presenta al ser mezclado con cloruro de sodio en grano, este proceso estabilizador podría utilizarse como un proyecto piloto aplicándolo al tratamiento de suelos en los lugares de donde se tomaran las muestras para sus respectivos ensayos.

El Cloruro de Sodio (sal común) presenta grandes ventajas sobre los otros elementos estabilizadores por la gran cantidad en que se encuentra a través de todo el mundo, su bajo costo y la facilidad de su aplicación.

La finalidad de la investigación fue demostrar la influencia que tiene el Cloruro de Sodio sobre las propiedades de suelos arcillosos de los lugares antes mencionados, así también se hizo uso de las normas ASTM y AASTHO para realizar los ensayos de laboratorio que nos dieron los resultados que nos han permitido saber si el uso de este producto nos permitía mejorar las propiedades de estos suelos y poder tratarlos de esta manera para hacer uso de ellos en obras de estructuras civiles.

1.4 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Analizar el comportamiento de un suelo arcilloso al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante.

OJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar las características físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la calle correspondiente a la entrada norte de la UES-FMO.

- Determinar la capacidad de soporte CBR del material en estado natural y con las muestras a dosificaciones de 5%, 10%, 15% Y 20% de Cloruro de Sodio.

- Establecer los parámetros de compactación tanto para la muestra en estado natural como para las diferentes dosificaciones de cloruro de sodio 5%, 10%, 15% Y 20%

- Comparar los resultados de los ensayos de la muestra en estado natural con los resultados de las muestras con sus diferentes dosificaciones.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

ALCANCES

- Se realizarán los ensayos para clasificación de suelos, granulometría, límite líquido, plástico e índice de plasticidad, Proctor modificado y CBR; dichas pruebas se llevarán a cabo mediante los procedimientos contemplados en las normas ASTM y AASHTO.
- Los suelos serán analizados en su estado natural y con dosificaciones de 5%, 10%, 15% Y 20% de Cloruro de Sodio.
- Con la finalidad de cumplir con los objetivos planteados se realizará la excavación de dos pozos a cielo abierto, a una profundidad de 1.0 m, ubicados en la zona de estudio, con los que se elaboraran los ensayos de laboratorio correspondientes de acuerdo con las normas respectivas.

LIMITACIONES

- Solo se realizarán aquellos ensayos con el equipo disponible en el laboratorio de suelos y materiales de la Facultad Multidisciplinaria Oriental e instituciones que estén dispuestas a colaborar con esta investigación.
- En esta investigación se estudiará únicamente arcilla de la Facultad Multidisciplinaria Oriental.
- En esta investigación no se determinarán las características físico-químicas del suelo en estudio.
- Para realizar la mezcla, el cloruro de sodio se agregará en grano, adicionando para cada proporción el respectivo porcentaje en peso.
- Los resultados obtenidos en esta investigación solo serán aplicables en las zonas de estudio, ya que al no tener información detallada de las características físico-químicas

de las arcillas en el país o en el departamento, no podemos generalizar con respecto a este material.

- También es de mencionar que el estudio será financiado por los investigadores, por lo que no puede ser muy extenso, siendo factible estudiar los lugares elegidos.

1.7 METODOLOGIA

UBICACIÓN DEL ESTUDIO

San Miguel es una zona en donde predominan los suelos arcillosos, en los cuales realizar construcciones es un poco riesgoso ya que se pueden generar fallas en la estructura, con el objetivo de estabilizar suelos arcillosos en la presente investigación se estudiará arcilla de la zona norte de la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental.

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación está enfocada a conocer las propiedades físicas y mecánicas de la arcilla de la Facultad Multidisciplinaria Oriental y los cambios o mejoras de dichas propiedades al adicionarle cloruro de sodio; para saber si este presenta mejoras, se realizará un estudio de la arcilla en estado natural con el fin de conocer las características propias del suelo y así poder comparar sus características con la mezcla.

La investigación carece de antecedentes en el país, es decir, que no se ha realizado estudios utilizando sal de mesa como aditivo estabilizante. Sin embargo, a través de una investigación bibliográfica se obtuvieron planteamientos teóricos de otros estudios similares realizados anteriormente en otros países, que sirvieron de apoyo para determinar algunas acciones para la recopilación de información del proyecto.

Este tipo de estudio es de carácter experimental, enfocado al campo del uso de nuevos materiales como lo es el Cloruro de Sodio (NaCl) también conocida como sal de mesa.

DISEÑO EXPERIMENTAL

En este capítulo se considera el mejoramiento de las propiedades del suelo arcilloso al mezclarlo con Sal de mesa para ser utilizado en construcción de obras civiles.

La determinación de los factores y sus correspondientes niveles se decide con base en trabajos realizados por otros autores, se propone el análisis del efecto de la adición con determinados niveles del estabilizador mencionado.

En ese sentido se propone el diseño completamente al azar en arreglo factorial de 4x3 con igual número de observaciones, en la que las variables que intervienen son, A: Dosificaciones de cloruro de sodio y B: El tiempo de fraguado de las muestras antes de ser ensayadas.

Los niveles de los factores considerados en el diseño de experimento son delimitados de la siguiente manera, los porcentajes de NaCl en 5 niveles 0% 5%, 10%, 15% y 20% y la edad de ensayo a compresión de los especímenes 7, 14 y 28 días.

Tabla 1.1 Niveles de los factores considerados en el diseño del experimento.

Sal (%)	*Edad de espécimen (Días)*
0	7
	14
	21
5	7
	14
	21
10	7
	14
	21
15	7
	14
	21
20	7
	14
	21

Tabla 1.3 Tratamientos de la mezcla sal-arcilla y sus respectivos grados de libertad.

Fuentes de variación	***Grados de libertad***
Tratamientos	11
Sal (A)	4
Tiempo de fraguado (B)	2
AxB	8
Error	55
Total	59

TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA LA RECOLECCION DE DATOS

Del diseño experimental realizado para la evaluación de mezcla Cloruro de sodio-arcilla (arreglo factorial completamente al azar 4x3) se deriva la elaboración de 12 tratamientos diferentes con una cantidad de 4 réplicas de cada tratamiento para cada una de las dosificaciones en estudio, de modo que se puedan realizar todos los ensayos programados y obtener resultados estadísticamente significativos.

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.

Tabla 1.3 Matriz de consistencia**.**

PROBLEMA	***OBJETIVO GENERAL***	***HIPOTESIS***	***VARIABLES***
¿Cuál es el efecto en las propiedades de un suelo arcilloso al agregar cloruro de sodio como estabilizante?	Analizar el comportamiento de un suelo arcilloso al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante.	La adición de cloruro de sodio mejora las propiedades mecánicas y físicas de un suelo arcilloso para fines constructivos.	Dependiente: Propiedades mecánicas y físicas con la adición de cloruro de sodio. Independiente: Adición de cloruro de sodio en porcentajes de 5, 10, 15 y 20%

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla 1.4 Operacionalización de variables.

TIPOS DE VARIABLES	VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	INDICADORES	TECNICA/ INSTRUMENTO
INDEPENDIENTE	Cloruro de sodio	El Cloruro de Sodio conocido comúnmente como sal es uno de los minerales más abundantes en la tierra, se encuentra de forma natural en el agua de mar y en formaciones rocosas subterráneas.	Adición de cloruro de sodio en 5% del peso de la muestra.	Ensayos de laboratorio
			Adición de cloruro de sodio en 10% del peso de la muestra.	Ensayos de laboratorio
			Adición de cloruro de sodio en 15% del peso de la muestra.	Ensayos de laboratorio
			Adición de cloruro de sodio en 20% del peso de la muestra.	Ensayos de laboratorio
DEPENDIENTE	Relación Densidad-Humedad	Es una prueba de laboratorio que sirve para determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de un suelo compactado.	Densidad máxima (kg/m3) y humedad optima (%)	Ensayo Norma ASTM D-1557 AASHTO T-180
	Límites de Atterberg	Se denomina Limites de Atterberg al punto de transición de un estado a otro.	Limite liquido (LL), Limite plástico (LP) e Índice de plasticidad (IP)	Ensayo Norma ASTM D-1633 AASHTO T-89/T-90
	California Bearing Ratio (CBR)	Se utiliza para medir la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y evaluar la calidad del terreno para subrasante, base o sub-base de pavimento.	Valor de soporte relativo (%)	Ensayo Norma
	Resistencia a compresión	Resistencia máxima que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento por unidad de área.	Resistencia en kg/cm2 de la muestra ensayada a 7, 14 y 21 días.	Ensayo norma ASTM D-1633

Fuente: Elaboración propia, 2021

TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS PARA EMPLEARSE EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas para la recolección de datos se realizarán de acuerdo con los procedimientos establecidos en las normas AASHTO.

Tabla 1.5 Ensayos a muestras en estado natural

NUMERO DE ENSAYO	NORMA		TÍTULO
	AASHTO	ASTM	
1	-	-	Muestra de Campo
2	T 248-02	C 702-01	Reducción de muestras a tamaño de ensayo
3	T 88	D 422-63	Determinación del tamaño de las partículas de suelo
4	T 89	D 4318-00	Determinación del límite líquido, limite plástico e índice de plasticidad de suelos
5	-	D 2216-98	Determinación del contenido de agua(humedad) de un suelo en laboratorio por masa
6	-	D 2487-00	Norma estándar de clasificación de suelos para fines de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS)
7	T 180-01	D 1557	Determinación en laboratorio de las características de compactación de suelos
8	T 193-99	D 1883	Método de ensayo para determinar el valor de soporte california (CBR)
9		D1633-00	Ensayo estándar para prueba de compresión de cilindros.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla 1.6 Ensayos a mezclas suelo-sal

NUMERO DE ENSAYO	NORMA		TITULO
	AASHTO	ASTM	
1	T 248-02	C 702-01	Reducción de muestras a tamaño de ensayo
2	T 88	D 422-63	Determinación del tamaño de las partículas de suelo
3	T 89	D 4318-00	Determinación del límite líquido, limite plástico e índice de plasticidad de suelos
4	-	D 2216-98	Determinación del contenido de agua(humedad) de un suelo en laboratorio por masa
6	T 180-01	D 698	Determinación en laboratorio de las características de compactación de suelos
7	T 193-99	D 1883	Método de ensayo para determinar el valor de soporte california (CBR)
8		D1633-00	Ensayo estándar para prueba de compresión de cilindros.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla 1.7 Instrumento para la recolección de datos para análisis de varianza (ANOVA**)**

Cloruro de Sodio	**Tiempo de Fraguado**	**Observaciones**			
		1	2	3	4
0%	7				
	14				
	21				
5%	7				
	14				
	21				
10%	7				
	14				
	21				
15%	7				
	14				
	21				
20%	7				
	14				
	21				

Fuente: Elaboración propia, 2021

EJECUCIÓN

Recolección de la muestra

Esta fase de la investigación consiste en realizar el muestreo del suelo a estudiar, dicho proceso se realizará con base en los lineamientos del programa de muestreo y exploración de suelos expuesto por Juárez Badillo y Rico Rodríguez en el libro Fundamentos de Mecánica de Suelos.

La obtención de las muestras in situ consiste en la excavación manual de Pozos a Cielo Abierto (PCA) de 1x1x1 m.

Trabajo experimental

Los ensayos de laboratorio se realizarán en el laboratorio de suelos y materiales MZ CONSULTORES S.A DE C.V. Los ensayos por realizar tanto al suelo natural como a las mezclas suelo-cloruro de sodio; serán los descritos en la sección anterior.

Procesamiento y análisis

Se realizará la elaboración de tablas y gráficos que nos permitirá hacer el procesamiento y análisis de los datos obtenidos en laboratorio, así como el uso del programa estadístico **SPSS** para la comprobación de las hipótesis.

CAPÍTULO 2 . MARCO TEORICO

2.1 GENERALIDADES DE LOS PAVIMENTOS

2.1.1 Definición de pavimentos.

Estructura de las vías de comunicación terrestre, formada por una o más capas de materiales elaborados o no, colocados sobre el terreno acondicionado, que tiene como función el permitir el tránsito de vehículos:

Con seguridad

Con comodidad

Con el costo óptimo de operación

Superficie uniforme.

Superficie impermeable.

Color y textura adecuados.

Resistencia a la repetición de cargas.

Resistencia a la acción del medio ambiente.

Que no trasmita a las capas inferiores esfuerzos mayores a su resistencia.

Un pavimento lo podemos definir como una estructura que se diseña y se forma mediante un conjunto de capas construidas sobre el suelo de fundación, con la finalidad de ser utilizado como una superficie apta para el libre tránsito de vehículos de tipo liviano, pesado y comercial; y donde la circulación se hace de manera rápida, confortable, segura y económica. El número y el espesor de las diferentes capas que integran un pavimento varía según su tipo (rígido o flexible) y los resultados del diseño, pero el principio básico es el mismo.

El objetivo de los pavimentos es Transferir cargas desde su punto de aplicación hasta el terreno de fundación, reduciendo progresivamente las tensiones que estas generan a los fines de

que las mismas no superen los valores admisibles tanto de dicho terreno de fundación como de los materiales que conforman las capas intermedias.

Los pavimentos se diseñan previendo su falla en un determinado periodo.

Están sometidas a esfuerzos repetidos y/o cíclicos

Su falla es consecuente con un deterioro progresivo a través del tiempo

Las características de su falla se identifican con el concepto de fatiga

Necesidad Ineludible de predecir con precisión el comportamiento futuro de la estructura en servicio, sometida a cargas de tal forma que el deterioro progresivo de la misma sea consistente con el previsto en el proyecto.

2.2 ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

2.2.1 Tipos de pavimento

Los pavimentos se dividen en flexibles y rígidos.

En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

Lo contrario sucede en un pavimento flexible, la superficie de rodadura al tener menos rigidez se deforma más y se producen mayores tensiones en la subrasante.

2.2.2 Elementos que integran el Pavimento Flexible

En general, están constituidos por una capa delgada de mezcla asfáltica construida sobre una capa de base y una capa de sub-base las que usualmente son de material granular. Estas capas descansan en una capa de suelo compactado, llamada subrasante.

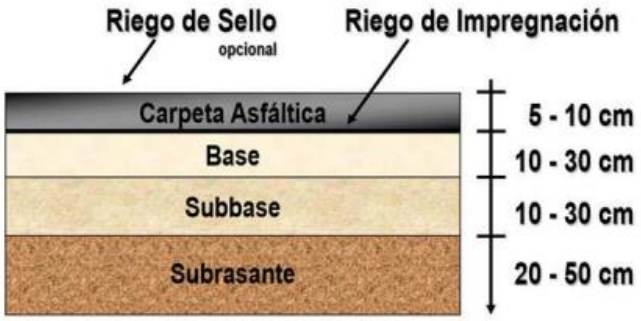


Figura 2.1 Elementos que conforman el pavimento flexible

2.2.2.1 Subrasante. Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

Tiene que estar libre de vegetación y materia orgánica, de lo contrario, el material deberá reemplazarse por material adecuado para subrasante en el tramo correspondiente o considerar la estabilización de los suelos subyacentes.

En general los materiales apropiados para capa de subrasante son los suelos de preferencia granulares con porcentajes de hinchamiento según ensayos AASHTO T-193 y que no tengan características inferiores a los suelos que se encuentran en el tramo. Según AASHTO M-145, los suelos clasificados A-8, son materiales inadecuados para la capa de subrasante, ya que son suelos orgánicos constituidos por materiales vegetales o fangosos. Estos suelos generalmente

tienen textura fibrosa, color café oscuro y olor a podredumbre y son altamente compresibles, con muy baja resistencia.

Cuando en la subrasante aparezcan áreas con este tipo de material, deberá reemplazarse por otro que llene los requisitos para subrasante, haciendo previamente la remoción del material inapropiado.

Para compactar la capa de subrasante, el espesor de ésta debe escarificarse, homogenizarse, mezclarse, conformarse y compactarse en su totalidad, hasta lograr la densidad máxima según AASHTO T-180.

2.2.2.2 Subbase. Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una subrasante o subbase adecuada.

Esta capa de material se coloca entre la subrasante y la capa de base, sirviendo como material de transición, en los pavimentos flexibles.

El material de subbase deberá ser seleccionado y tener mayor valor soporte (CBR) que el material de subrasante y su espesor será variable por tramos, dependiendo de las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante.

Los materiales de subbase deben ser suelos del tipo granular que llenen los siguientes requisitos:

El valor soporte (CBR) debe determinarse según AASHTO T-193 sobre muestra saturada según AASHTO T-180.

El tamaño de las piedras que contenga el material de subbase no debe ser mayor de 2/3 del espesor de esta y los porcentajes que pasan los tamices No. 40 y No. 200, deben ser según AASHTO T-11 y T-27.

El índice de plasticidad debe determinarse según AASHTO T-90, y el límite Líquido según AASHTO T-89, determinados ambos sobre una muestra preparada en húmedo, según AASHTO T-146.

El equivalente de arena es determinado por el método AASHTO T-176.

El material debe estar libre de impurezas tales como: basura, materia orgánica, terrones de arcilla y cualquier otro material que pueda ocasionar problemas específicos al pavimento.

El material de subbase debe ser tendido en capas no mayores de 20 centímetros de espesor. Este debe homogenizarse y conformarse, agregándole la cantidad de agua que sea necesaria para lograr la compactación en su totalidad, hasta alcanzar su densidad máxima por el método AASHTO T-180.

2.2.2.3 Base. Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través de ésta a la subrasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura. Las bases especificadas son las siguientes:

***2.2.2.3.1 Base granular*.** Material constituido por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. Todos estos materiales deben ser clasificados para formar una base integrante de la estructura de pavimento. Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, y todas estas propiedades dependerán de la proporción de finos con respecto al agregado grueso.

Figura 2.3. Conformación de base granular

Los materiales deben corresponder a los tipos de graduación determinados según AASHTO T-27 y T-11.

Además, el material de base es necesario que llene como mínimo las siguientes condiciones:

1. Valor soporte (CBR) para piedra triturada y para grava (canto rodado), según AASHTO T-193, la compactación según AASHTO T-180 e hinchamiento máximo según AASHTO T 193.
2. El material debe estar libre de impurezas y residuos orgánicos.

3. La porción de agregado retenida en el tamiz No. 4 no debe tener un porcentaje de desgaste, por abrasión, según AASHTO T-96.

4. La porción que pasa el tamiz No. 40 debe tener un índice de plasticidad según se indica en AASHTO T-90 y un límite liquido mayor al indicado en AASHTO T-89, determinados ambos sobre una muestra preparada en húmedo según AASHTO T-25.

5. El porcentaje que pasa el tamiz No. 200, debe ser menor que la mitad del porcentaje que pasa el tamiz No. 40.

6. El equivalente de arena no debe de ser menor a como se indica en AASHTO T-176.

7. Cuando se necesite agregar material de relleno en adición al que se encuentra naturalmente en el material triturado, para proporcionarle características adecuadas de granulometría y cohesión, éste debe ser libre de impurezas y consistir en suelo arenoso, limo orgánico, polvo de roca u otro material con alto porcentaje de partículas que pasen por el tamiz No. 10.

Antes de tender el material de base, el material de subbase debe tener la compactación especificada.

2.2.2.4 Superficie de rodadura. Es la capa que se coloca sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos.

Asimismo, la superficie de rodadura contribuye a aumentar la capacidad soporte del pavimento, absorbiendo cargas, si su espesor es apreciable (mayor de 4 centímetros), excepto el caso de riegos superficiales, ya que para estos se considera nula.

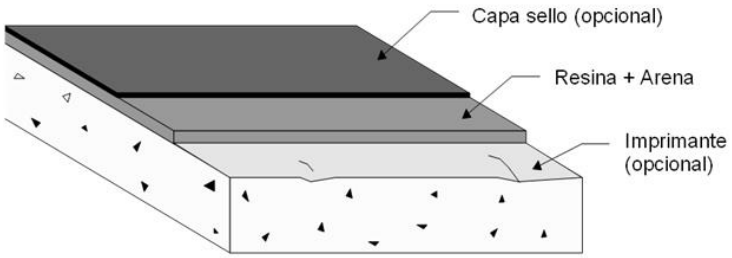


Figura 2.5 Superficie de rodadura

2.2.3 Elementos que integran el Pavimento Rígido

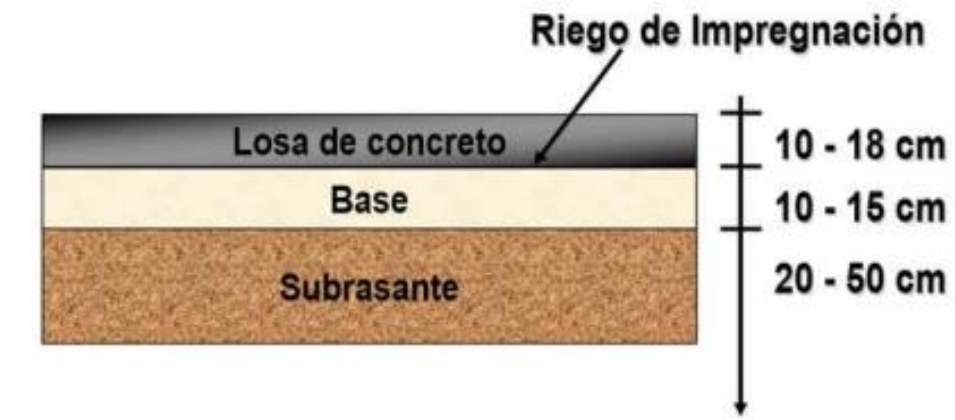


Figura 2.7. Elementos que integran el pavimento rígido

Los pavimentos rígidos se integran por una capa (losa) de concreto de cemento portland que se apoya en una capa de base, constituida por grava; esta capa descansa en una capa de suelo compactado, llamada subrasante. La resistencia estructural depende principalmente de la losa de concreto.

2.2.3.1 Superficie de rodadura. Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. En general, se puede indicar que el concreto hidráulico distribuye mejor las cargas hacia la estructura de pavimento.

2.2.4 Diferencias entre pavimentos de concreto y de asfalto

El comportamiento de los mismos al aplicarles cargas es muy diferente como podemos observar en la siguiente figura:

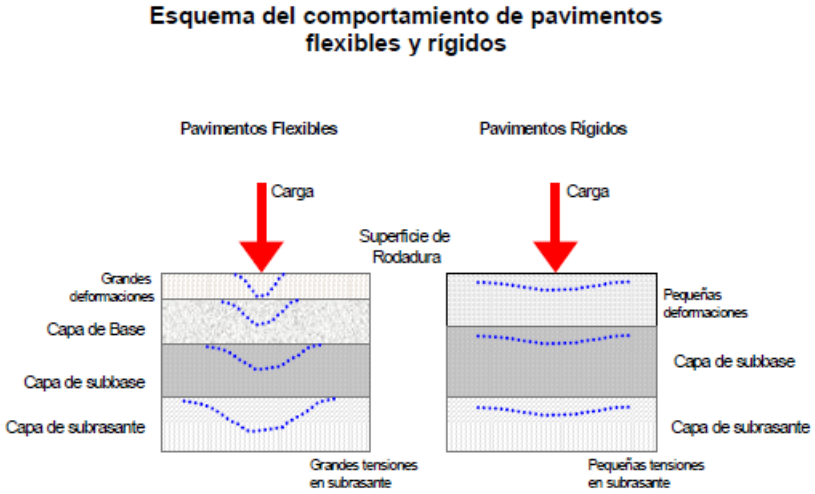


Figura 2.9. Diferencia entre pavimentos rígido y flexible

Su principal diferencia es cómo cada uno de ellos transmite las cargas a la subrasante.

En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

Lo contrario sucede en un pavimento flexible, la superficie de rodadura al tener menos rigidez, se deforma más y se producen mayores tensiones en la subrasante.

La alta rigidez de la losa de concreto le permite mantenerse como una placa y distribuir las cargas sobre un área mayor de la subrasante, transmitiendo presiones muy bajas a las capas

inferiores. Por sí misma, la losa proporciona la mayor parte de la capacidad estructural del pavimento rígido.

Pavimento flexible, está construido con materiales débiles y menos rígidos (que el hormigón), más deformables, que transmiten a la subrasante las cargas de manera más concentrada, distribuyendo el total de la carga en menos área de apoyo. Por lo tanto, el pavimento flexible normalmente requiere más capas y mayores espesores para resistir la transmisión de cargas a la subrasante.

2.3 LA RED VIAL EN EL SALVADOR.

Los conceptos y definiciones relacionados con la red vial, utilizados en El Salvador por diferentes instituciones públicas y privadas difieren entre sí, algunos enunciados coinciden con el marco legal vigente, otros conceptos son asumidos por cada institución de acuerdo a criterios y a puntos de vista propios.

El Salvador posee un sistema de carreteras y caminos que cubren casi todo el país. Las vías terrestres ocupan un lugar primordial en la comunicación de regiones, poblados, etc. Generando de esta manera mayor conectividad y desarrollo a nivel nacional.

La totalidad de la red vial del país equivale aproximadamente a 30,000 Km.; pero sólo puede ser objeto de mantenimiento un aproximado de 20,000 Km., el resto, aproximadamente 10,000 Km., están en tales condiciones de precariedad que necesitan una inversión fuerte para su recuperación. La responsabilidad de dar mantenimiento a esos 20,000 Km. es compartida casi en la misma proporción entre el gobierno central y las municipalidades.

La importancia de minimizar el número de caminos no pavimentados, es grande en nuestro país; y esto revela la necesidad de generar planes de gestión vial enfocados en los siguientes aspectos:

- Continuar la expansión de inversiones en caminos rurales
- Usar algunas estrategias de mantenimiento de caminos no pavimentados de fácil utilización.

2.3.1 Definiciones de Vías

La Ley de Carreteras y Caminos Vecinales es la más explícita en definir y clasificar las vías terrestres de comunicación.

Atendiendo a su importancia y características geométricas, las carreteras se subdividen en:

-Especiales, que son todas aquellas que reúnen características superiores a las primarias. -Primarias, las capacitadas para intensidades de tránsito superiores a dos mil vehículos promedio por día, con doce metros de plataforma, siete metros treinta centímetros de rodaje y un mínimo de siete metros noventa centímetros de rodaje en los puentes.

-Secundarias, las capacitadas para intensidades de tránsito comprendidas entre quinientos y dos mil vehículos promedio por día, con nueve metros cincuenta centímetros de plataforma, seis metros cincuenta centímetros de rodaje y un mínimo de siete metros cuarenta centímetros de rodaje en los puentes.

-Terciarias, aquellas cuya intensidad de tránsito está comprendida entre cien y quinientos vehículos promedio por día, con seis metros de plataforma, revestimiento de materiales locales selectos y rodaje mínimo de seis metros cincuenta centímetros de rodaje en los puentes.

-Rurales, con capacidad para una intensidad de tránsito de cien vehículos promedio por día, con cinco metros de plataforma y un mínimo de tres metros de rodaje en los puentes o que, sin llenar tales características, dichas carreteras hayan sido construidas por el Gobierno Central.

EL Art. 4 de la Ley de Carreteras y Caminos Vecinales, define los caminos vecinales o municipales como “aquellos que no estando comprendidos en la clasificación del Art. anterior,

comunican villas pueblos, valles, cantones o caseríos entre sí o conectan éstos con cualquier carretera, los cuales en ningún caso podrán tener menos de seis metros cincuenta de ancho.

La Ley del FOVIAL asume estas definiciones, y añade otros conceptos:

Red Vial Nacional Prioritaria: Conjunto de carreteras pavimentadas y caminos no pavimentados bajo la competencia del Gobierno Nacional, cuyo propósito fundamental es comunicar adecuadamente a los municipios del país y éste con el resto de la región centroamericana. La red vial nacional prioritaria se integra de la siguiente manera.

Carreteras pavimentadas, las cuales se subdividen en especiales, primarias y secundarias, de conformidad a lo que establece la ley de la materia

Camino principal no pavimentado, el cual conecta el municipio con la principal carretera pavimentada o municipios entre sí, así como otros tramos de prioridad nacional esenciales para el desarrollo agropecuario, turístico y económico del país.

El conjunto de puentes y obras de paso comprendidos en las referidas carreteras y caminos.

El Ministerio de Obras Públicas, MOP, agrega calificativos a las definiciones anteriores, de acuerdo al tipo de superficie, inclinación y otros. En este sentido, se habla de terciaria mejorada, si la vía posee una capa delgada de asfalto y rural mejorada, las que según sea la superficie de rodaje o pendiente de la vía, se clasifican en rural A o rural B.

2.4 GENERALIDAD DE LOS SUELOS

2.4.1 Suelos y materiales utilizados en estructuras viales.

La temática a desarrollar comprende el estudio de los materiales que se utilizan para la construcción de la estructura del pavimento (subrasante, sub base y/o base, capa de rodamiento

de concreto hidráulico) y el proceso necesario para su clasificación y utilización según sea el pavimento de apertura o rehabilitados.

2.4.2 Concepto y origen del suelo.

En el sentido general de la ingeniería, suelo se define como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) junto con el líquido y gas que ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas.

El suelo se usa como material de construcción en diversos proyectos de ingeniería civil y sirve para soportar las cimentaciones estructurales, aunque en algunos casos es necesario restituir o mezclar materiales para obtener un mejor comportamiento en las obras de construcción.

El suelo es el más viejo material de construcción y el más Complejo.

Por esto, los ingenieros civiles deben estudiar y conocer bien las propiedades del suelo, tales como origen, distribución granulométrica, capacidad para drenar agua, compresibilidad, resistencia cortante, capacidad de carga, etc.

Durante años, el arte de la ingeniería de suelos se basó únicamente en experiencias. Con el avance de la ciencia y la tecnología, la necesidad de mejores y más económicos diseños estructurales se volvió crítica.

Esto condujo a un estudio detallado de la naturaleza y propiedades del suelo en su relación con la ingeniería.

La mecánica de suelos es la rama de la ciencia que trata el estudio de sus propiedades físicas y el comportamiento de masas de suelos sometidas a varios tipos de fuerzas.

La ingeniería de suelos es la aplicación de los principios de la mecánica de suelos a problemas prácticos.

La ingeniería geotécnica es la ciencia y práctica de aquella parte.

De la ingeniería civil que involucra materiales naturales encontrados cerca de la superficie de la Tierra. En sentido general, incluye la aplicación de los principios fundamentales de la mecánica de suelos y de la mecánica de rocas a los problemas de diseño de cimentaciones.

2.4.3 Depósitos de suelo natural.

El suelo es producido por intemperismo, es decir, por la fractura y rompimiento de varios tipos de rocas en piezas más pequeñas mediante procesos mecánicos y químicos.

Algunos suelos permanecen donde se forman y cubren la Superficie rocosa de la que se derivan y se llaman suelos residuales. En contraste, algunos productos intemperizados son transportados por medio de procesos físicos a otros lugares y depositados. Ésos se llaman suelos transportados.

Según el agente de transporte, se subdividen en tres categorías principales:

1. Aluviales o fluviales: depositados por agua en movimiento.
2. Glaciales: depositados por acción glaciar.
3. Eólicos: depositados por acción del viento.

En adición a los suelos transportados y residuales, las turbas se derivan de la descomposición de materiales orgánicos encontrados en áreas de poca altura donde el nivel Freático está cerca o arriba de la superficie del terreno. La presencia de un nivel alto del agua freática ayuda o soporta el crecimiento de plantas acuáticas, que al descomponerse, forman turba. Este tipo de depósito se encuentra comúnmente en áreas costeras y Regiones glaciares. Cuando un porcentaje relativamente grande de turba se mezcla con suelo inorgánico, se le denomina suelo orgánico.

Estos suelos orgánicos tienen la característica de un contenido natural de agua de entre 200% y 300%, y son altamente compresibles.

Las pruebas de laboratorio muestran que, bajo carga, se obtiene un gran asentamiento debido a la consolidación secundaria de los suelos orgánico.

Durante la planificación, diseño y construcción de cimentaciones, terraplenes y estructuras de retención, los ingenieros deben conocer el origen de los depósitos de los suelos sobre los que se construirán las cimentaciones debido a que cada depósito de Suelo tiene atributos físicos propios y únicos.

2.4.4 Tamaño de las partículas de suelo.

Independientemente del origen del suelo, los tamaños de las partículas, en general, que conforman un suelo, varían en un amplio rango. Los suelos en general son llamados: grava, arena, limo o arcilla, dependiendo del tamaño predominante de las partículas.

Para describir los suelos por el tamaño de sus partículas, varias organizaciones desarrollaron límites de tamaño de suelo separado. La tabla 1.1 muestra los límites de tamaño de suelo separado desarrollados por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y del Transporte (AASHTO), el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos, y la Oficina de Restauración de Estados Unidos.

En esta tabla, el sistema MIT se presenta únicamente para fines ilustrativos porque juega un papel importante en la historia del desarrollo de los límites de tamaño de suelo separado. Sin embargo, en la actualidad el Sistema Unificado es casi Universalmente aceptado. El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ha sido adoptado por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Tabla 2.1. Límites de tamaño de suelos separados

	Tamaño del grano (mm)			
Nombre de la organización	**Grava**	**Arena**	**Limo**	**Arcilla**
Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)	> 2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	< 0.002
Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA)	> 2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	< 0.002
Asociación Americana de Funcionarios del Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	< 0.002
Sistema unificado de clasificación de suelos (U.S. Army Corps of Engineers; U.S. Bureau of Reclamation; American Society for Testing and Materials)	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (es decir, limos y arcillas) < 0.075	

Las gravas son fragmentos de rocas ocasionalmente con partículas de cuarzo, feldespato y otros minerales.

Las partículas de arena están formadas principalmente de cuarzo y feldespatos, aunque también están presentes, a veces, otros granos minerales.

Los limos son fracciones microscópicas de suelo que consisten en granos muy finos de cuarzo y algunas partículas en forma de escamas (hojuelas) que son fragmentos de minerales micáceos.

Las arcillas son principalmente partículas submicroscópicas en forma de escamas de mica, minerales arcillosos y otros minerales. Las arcillas se definen como partículas menores a 0.002 mm.

En algunos casos, las partículas de tamaño entre 0.002 y 0.005 mm también se denominan arcillas.

Las partículas se clasifican como arcilla con base en su tamaño y no contienen necesariamente minerales arcillosos.

Las arcillas se definen como aquellas partículas "que desarrollan plasticidad cuando se mezclan con una cantidad limitada de agua" (Grim, 1953). (La plasticidad es la propiedad tipo masilla de las arcillas cuando contienen cierta cantidad de agua.)

Los suelos no arcillosos pueden contener partículas de cuarzo, feldespato o mica, suficientemente pequeñas para caer dentro de la clasificación de las arcillas.

Por consiguiente, es apropiado para las partículas de suelo menores que 0.002 o 0.005 mm como se definen bajo diferentes sistemas, ser llamadas partículas tamaño arcilla en vez de arcillas. Las partículas de arcilla son en su mayoría de tamaño coloidal (< 0.001 mm*)* con 0.002 mm de límite superior.

2.4.5 Análisis mecánico del suelo.

El análisis granulométrico es la determinación del rango de los tamaños de las partículas prese4ntes de un suelo, expresado con un porcentaje del peso seco total. Se usan generalmente dos métodos para encontrar la distribución del tamaño de las partículas del suelo:

Análisis por cribado

Análisis hidrométrico

El análisis por cribado se realiza a las partículas con tamaños mayores de 0.075 mm de diámetro, que consiste en sacudir la muestra de suelo a través de un conjunto de mallas que tienen aberturas progresivamente más pequeñas. Los números de las mallas estándar con sus tamaños de aberturas (usadas en Estados Unidos).

La muestra de campo se debe de obtener de acuerdo a norma ASTM D-75 (AASHTO T-2), se seca a temperatura ambiente y luego el material se reduce a muestra de ensayo conforme a norma ASTM C -702 (AASHTO T -248), si es necesario se seca en el horno, luego se pasan por

las mallas. Después de realizado el tamizado, se determina el peso del suelo retenido en cada malla.

Cuando se analizan suelos cohesivos, se dificulta disgregar los grumos en partículas individuales. En este caso, el suelo se mezcla con agua, para formar una lechada que luego se lava a través de la malla Nº 200. El material retenido en dicha malla es secado en el horno nuevamente y después tamizado por las diferentes mallas.

Los resultados del análisis por cribado se expresan generalmente como porcentajes del peso total de suelo que ha pasado por las diferentes mallas.

El análisis hidrométrico se realiza a suelo donde predominan las partículas menores de 0.075 mm de diámetro y se basa en el principio de la sedimentación de granos de suelo en solución (agua más un defloculante como agente dispersante).

Cuando un espécimen de suelo se dispersa en la solución, las partículas se asientan a diferentes velocidades, dependiendo de sus formas, tamaños y pesos. Por simplicidad, se supone que todas las partículas de suelo son esferas y que la velocidad de las partículas está basada en la ley de Stokes, llegando a una fórmula definitiva para su empleo que es:

$$D = \sqrt{\frac{30\ .\eta}{(G_S - 1)\rho_w}}\ \sqrt{\frac{L}{t}} \qquad \text{Ec. 2.1}$$

Cuando se realiza la prueba de hidrometría en laboratorio, se conduce en un cilindro de sedimentación con muestra secada al horno. El cilindro de sedimentación tiene 457 mm de altura y 63.5 mm de diámetro; el cilindro está marcado para un volumen de 1000 ml. Como agente dispersor se usa generalmente hexametafosfato de sodio. El volumen de la suspensión de suelo dispersado se lleva hasta los 1000 ml, añadiendo agua destilada.

Se usa un hidrómetro ASTM-152 H, colocándose en la suspensión de suelo en un tiempo t, medido desde el principio de la sedimentación, para medir la densidad de sólidos en la vecindad de su bulbo a una profundidad L en un tiempo t, las partículas de suelo en suspensión a esa profundidad tendrán un diámetro menor que D, calculado según la ecuación anterior.

Los resultados de los análisis por cribado e hidrometría se presentan generalmente en graficas semilogarítmicas como curvas de distribución granulométrica. Los diámetros de las partículas se grafican en escala logarítmica (eje X), y el porcentaje que pasan en la escala aritmética (eje Y).

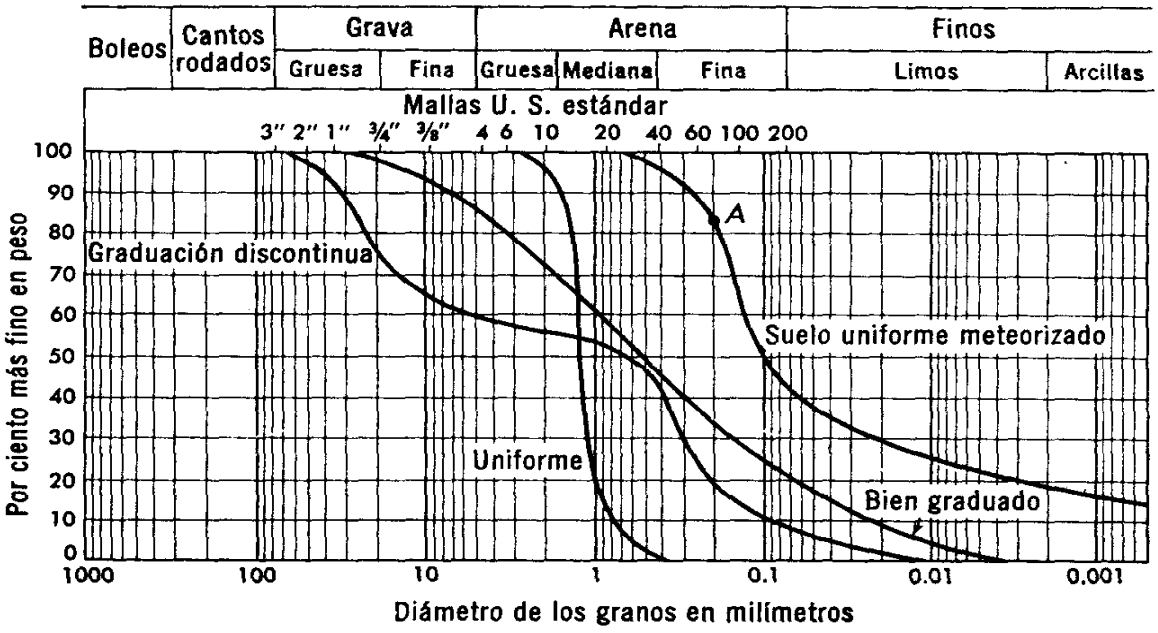


Figura 2.10 Graduación del suelo según el tamaño de las partículas.

Fuente. Manual centroamericano de especificaciones para la construcción de carreteras y puentes regionales

Las normas para realizar los ensayos de granulometría:

Tabla 2.3. Normas y ensayos requeridos para realizar granulometría.

ASTM	*AASHTO*	
D -75	T-2	Muestreo de campo
C-702	T-248	Reducción de muestrea de campo a laboratorio, conocido como cuarteo
D-421	T-87	Estándar para la preparación de muestras de suelo
D-422	T-88	Determinación del tamaño de las partículas de suelos.
C-136	T-27	Granulometría en Seco (especificación)
C-117	T-11	Granulometría por Lavado (especificación).

Nota: El ensayo del hidrómetro se realiza cuando se desea conocer la clasificación SUCS.

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{Ec. 2.2} \qquad C_C = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} \quad \text{Ec. 2.3}$$

D_{10} : Diámetro correspondiente al 10 % que pasa
D_{30} : Diámetro correspondiente al 30 % que pasa
D_{60} : Diámetro correspondiente al 60 % que pasa
Para un suelo bien graduado
El valor de Cu es mayor de 4 para gravas y de 6 para arenas
El valore Cc entre 1 y 3 para gravas y Arenas.

2.4.6 Consistencia del suelo.

Cuando existen minerales de arcilla en un suelo de grano fino, éste puede ser remodelado en presencia de alguna humedad sin desmoronarse. Esta naturaleza cohesiva es debida al agua adsorbida que rodea a las partículas de arcilla. A principios de 1900, un científico sueco, Albert Mauritz Atterberg, desarrolló un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino con contenidos de agua variables. A muy bajo contenido de agua, el suelo se comporta más como un sólido frágil. Cuando el contenido de agua es muy alto, el suelo y el agua fluyen como un líquido. Por tanto, dependiendo del contenido de agua, la naturaleza del comportamiento del suelo se clasifica arbitrariamente en cuatro estados básicos, denominados sólido, semisólido, plástico y líquido, como se muestra en la figura.

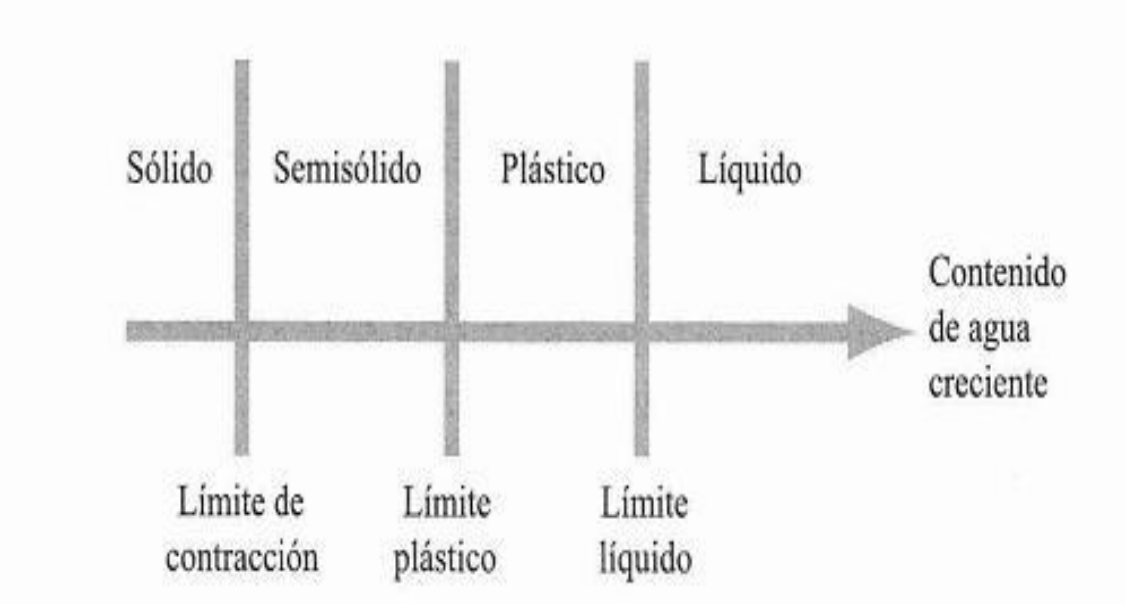


Figura 2.12. Estados básicos del suelo

2.4.6.1 Límite líquido (LL). El contenido de agua, en porcentaje, en el que la transición de estado sólido a semisólido tiene lugar, se define como el límite de contracción. El contenido de agua en el punto de transición de estado semisólido a plástico es el límite plástico, y de estado plástico a líquido es el límite líquido. Esos límites se conocen también como límites de Atterberg.

Un diagrama esquemático (vista lateral) de un dispositivo para determinar el límite líquido se muestra en la figura, que consiste en una copa de bronce y una base de hule duro. La copa de bronce se deja caer sobre la base por una leva operada por una manivela. Para la prueba del límite líquido se coloca una pasta en la copa. Se corta una ranura en el centro de la pasta de suelo, usando la herramienta de corte estándar. Luego, con la leva operada por la manivela, se levanta la copa y se deja caer desde una altura de 10 mm. El contenido de agua, en porcentaje requerido para cerrar una distancia de 12.7 mm a lo largo del fondo de la ranura a los 25 golpes

se define como el límite líquido. El procedimiento para la prueba del límite líquido está dado en la Prueba D-4318 de la ASTM.

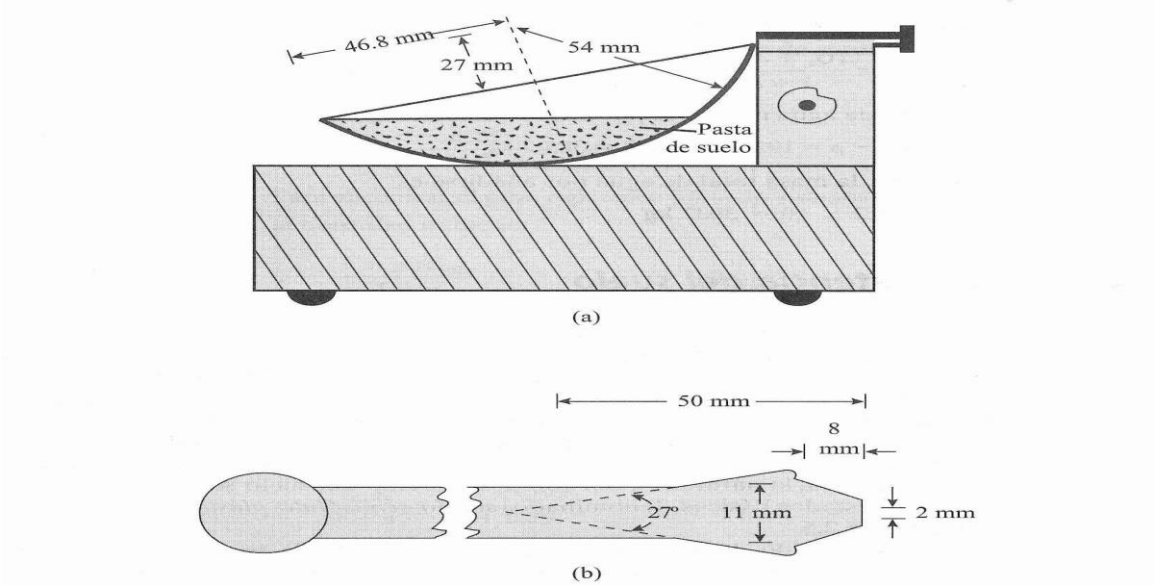


Figura 2.14. Procedimiento para la prueba del límite liquido.

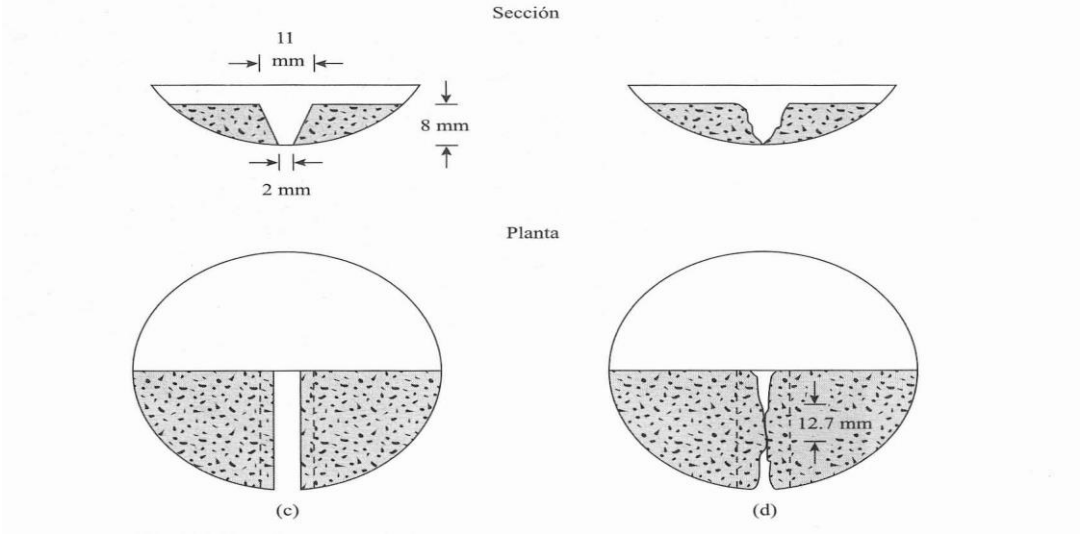


Figura 2.16. Prueba del límite líquido: (a) dispositivo para la prueba; (b) ranurador; (c) pasta de suelo antes de la prueba; (d) pasta de suelo después de la prueba

Casagrande (1932) concluyó que cada golpe en un dispositivo estándar para límite líquido corresponde a una resistencia cortante del suelo de aproximadamente 1 g/cm2

Por consiguiente, el límite líquido de un suelo de grano fino da el contenido de agua para el cual la resistencia cortante del suelo es aproximadamente de 25 g/cm2

2.4.6.2 Límite plástico (PL). El límite plástico se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2 mm de diámetro, se desmorona. El límite plástico es el límite inferior de la etapa plástica del suelo. La prueba es simple y se lleva a cabo enrollando repetidamente a mano sobre una placa de vidrio (figura 2.10) una masa de suelo de forma elipsoidal.

El índice de plasticidad (PI) es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo.

El procedimiento para la prueba del límite plástico se da en la prueba D-4318 de la ASTM.

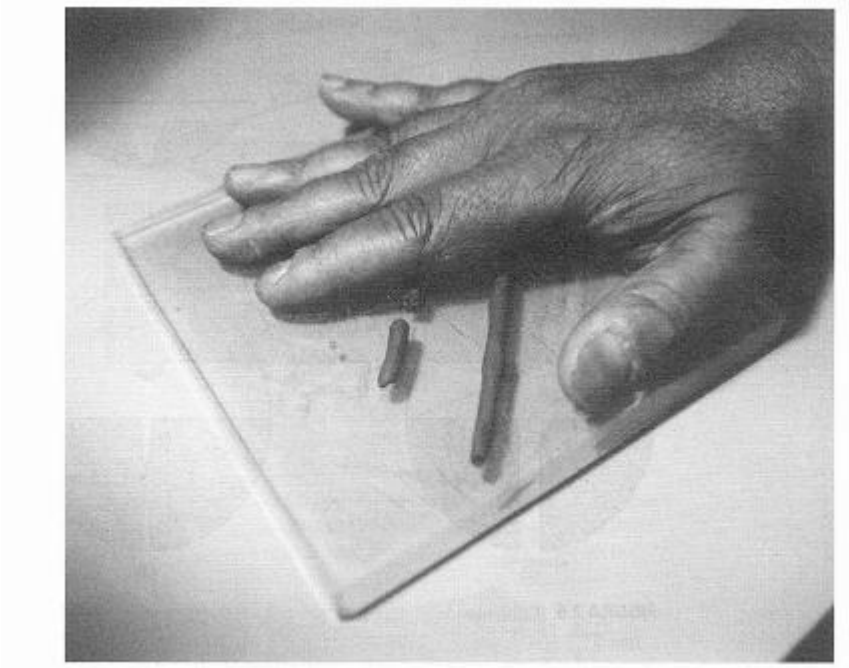


Figura 2.18. Procedimiento para la prueba del límite plástico.

2.4.6.3 Límite de contracción (LC). La masa de suelo se contrae conforme se pierde gradualmente el agua del suelo. Con una pérdida continua de agua, se alcanza una etapa de equilibrio en la que más pérdida de agua conducirá a que no haya cambio de volumen (figura 2.11). El contenido de agua, en porcentaje, bajo el cual el cambio de volumen de la masa del suelo cesa, se define como límite de contracción.

Las pruebas del límite de contracción (Prueba D-427 de la ASTM) se efectúan en el laboratorio con un recipiente de porcelana de aproximadamente 44 mm de diámetro y 13 mm de altura. El interior del recipiente está recubierto con aceite de petróleo que luego se llena completamente con suelo húmedo. El exceso de suelo que queda fuera del borde se retira con una espátula.

Se registra la masa de suelo húmedo dentro del recipiente. Luego, la masa de suelo en el recipiente se seca en horno. El volumen de la masa de suelo secada en horno se determina por el desplazamiento de mercurio.

Como el manejo del mercurio es peligroso, la prueba D-4943 de la ASTM describe un método de inmersión de la masa de suelo seco en una vasija de cera derretida. La masa de suelo revestida de cera es enfriada. Su volumen se determina sumergiéndola en agua.

Con referencia a la figura, determinamos el límite de contracción de la siguiente manera:

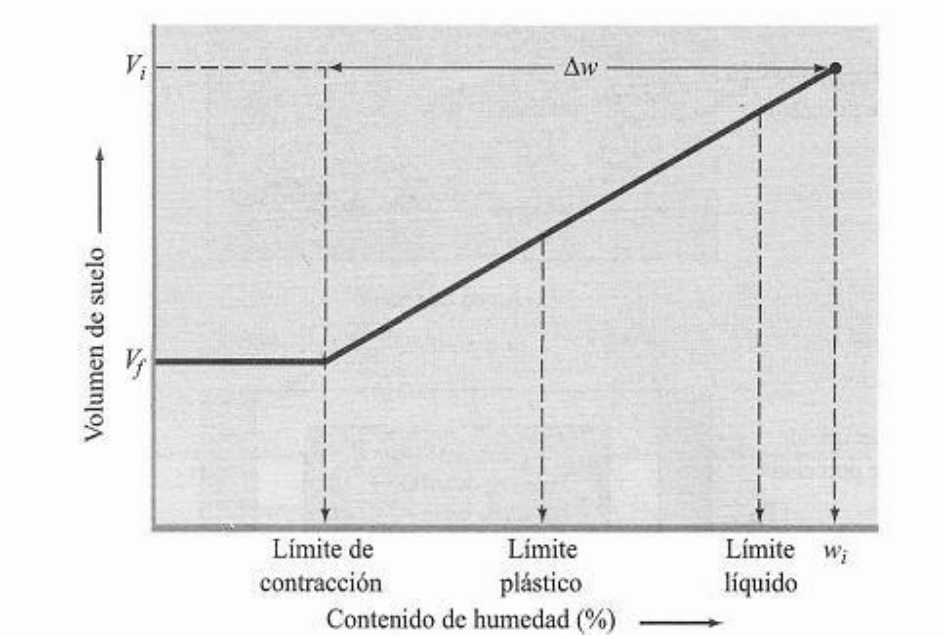


Figura 2.20. Límite de consistencia de los suelos.

$$SL = W_i(\%) - \Delta_w(\%) \quad \textit{Ec. 2.4}$$

Donde:

w_i = contenido de agua inicial cuando el suelo se coloca en el recipiente del límite de contracción.

$\triangle_w$ = cambio en el contenido de agua (es decir, entre el contenido de humedad inicial y el contenido de agua en el límite de contracción)

Sin embargo,

$$W_i(\%) = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_2}\right)(100) \qquad \text{Ec. 2.5}$$

$$\Delta_w(\%) = \left[\frac{(V_i - V_f)\rho_\omega}{m_2}\right](100) \qquad \text{Ec. 2.6}$$

Donde:

m_1= masa del suelo húmedo en el recipiente al principio de la prueba (g)

m_2 = masa del suelo seco (g) (véase la figura 2.12)

Además, donde

V_i = volumen inicial del suelo húmedo (es decir, el volumen dentro del recipiente, cm3)

V_f = volumen de la masa de suelo secada en horno (cm3)

p_w = densidad del agua (g/cm3)

$$SL = \left(\frac{m_{1-}m_2}{m_2}\right)(100) - \left[\frac{(V_i - V_f)\rho_\omega}{m_2}\right](100)$$

$$SL = W_i(\%) - \Delta_w(\%) \quad \textit{Ec. 2.2}$$

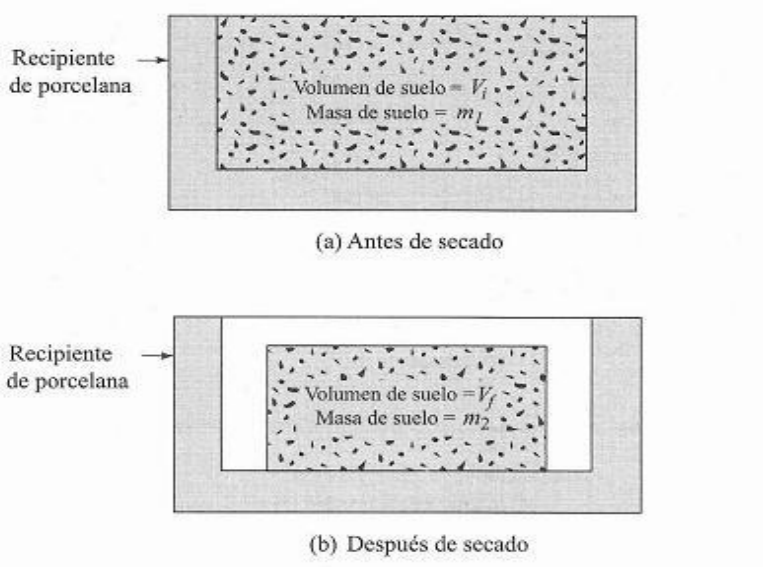


Figura 2.22. Determinación del límite de contracción del suelo

2.4.7 Clasificación de suelos

La forma original de este sistema fue propuesta por Casagrande en 1942 para usarse en la construcción de aeropuertos emprendida por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la Segunda Guerra Mundial. En cooperación con la Oficina de Restauración de Estados Unidos, el sistema fue revisado en 1952. Hoy en día, es ampliamente usado por los ingenieros (Prueba D-2487 de la ASTM). El Sistema Unificado de Clasificación, clasifica los suelos en dos amplias categorías:

1. Suelos de grano grueso que son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo G o S. G significa grava o suelo gravoso y S significa arena o suelo arenoso.

2. Los suelos de grano fino con 50% o más pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M, que significa limo inorgánico, C para arcilla inorgánica u O para limos y arcillas orgánicos. El símbolo Pt se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos. Otros símbolos son también usados para la clasificación:

W: bien graduado

P: mal graduado

L: baja plasticidad (límite líquido menor que 50)

H: alta plasticidad (límite líquido mayor que 50)

Para una clasificación apropiada con este sistema, debe conocerse algo o todo de la información siguiente:

1. Porcentaje de grava, es decir, la fracción que pasa la malla de 76.2 mm y es retenida en la malla No. 4 (abertura de 4.75 mm)

2**.** Porcentaje de arena, es decir, la fracción que pasa la malla No.4 (4.75 mm) y es retenida en la malla No. 200 (0.075 mm)

3. Porcentaje de limo y arcilla, es decir, la fracción de finos que pasan la malla No. 200 (0.075 mm)

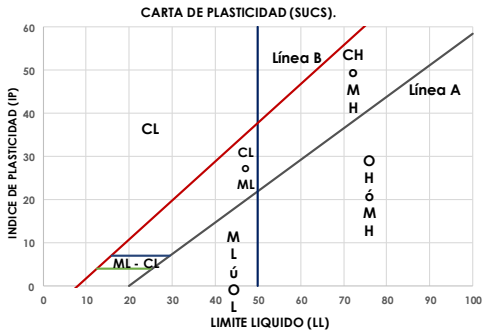
4**.** Coeficiente de uniformidad ***(Cu)*** y coeficiente de curvatura ***(Cc)***

5. Límite líquido e índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla No. 40

Los símbolos de grupo para suelos tipo grava de grano grueso son GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM, y GP-GC. Similarmente, los símbolos de grupo para suelos de grano fino son CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML, y Pt.

Se debe determinar si el suelo es grava, arena o fino, utilizando las mallas 3", N° 4 y N° 200, además utilizar los LL, LP e IP. Para realizar la clasificación se puede hacer uso de la tabla 2.3, que se presenta a continuación:

Tabla 2.4. Sistema Unificado de Clasificación de suelos.

<table>
<tr><th colspan="3">DIVISIONES PRINCIPALES</th><th>SIMBOLOS DEL GRUPO</th><th>NOMBRES TÍPICOS</th><th colspan="3">IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO</th></tr>
<tr><td rowspan="8">SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200</td><td rowspan="4">GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4.76 mm)</td><td rowspan="2">Gravas limpias (sin o con pocos finos)</td><td>GW</td><td>Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos)</td><td rowspan="8" colspan="2">Determinar el porcentaje de grava y arena en la curva granulometrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5%->GW,GP,SW,SP. >12%->GM,GC,SM,SC. 5 al 12%->casos limite que requieren usar doble símbolo.</td><td>Cu=D60/D10>4</td></tr>
<tr><td>GP</td><td>Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos)</td><td>No cumplen con las especificaciones de granulometria para GW</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)</td><td>GM</td><td>Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.</td><td>Limites de atterberg debajo de la linea A o IP<7</td><td rowspan="2">encima de la linea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.</td></tr>
<tr><td>GC</td><td>Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.</td><td>Limites de atterberg sobre la linea A con IP>7</td></tr>
<tr><td rowspan="4">ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4.76 mm)</td><td rowspan="2">Arenas limpias (pocos o sin finos)</td><td>SW</td><td>Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.</td><td colspan="2">Cu=D60/D10>6 Cc=(D30)^2/D10xD60 entre 1 y 3</td></tr>
<tr><td>SP</td><td>Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.</td><td colspan="2">Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)</td><td>SM</td><td>Arenas limosas, mezclas de arena y limo.</td><td>Limites de atterberg debajo de la linea A o IP<4</td><td rowspan="2">Los limites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan doble símbolo.</td></tr>
<tr><td>SC</td><td>Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.</td><td>Limites de atterberg sobre la linea A con IP>7</td></tr>
<tr><td rowspan="6">SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200</td><td colspan="2" rowspan="2">Limos y arcillas: Límite liquido menor de 50</td><td>ML</td><td>Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos con ligera plasticidad.</td><td colspan="3">G= Grava, S= Arena, O= Suelo orgánico, P= Turba, M= Limo, C= Arcilla, W= Bien Graduada, P= Mal Graduada, L= Baja Compresibilidad, H= Alta Compresibilidad.</td></tr>
<tr><td>CL</td><td>Arcilla inorgánica de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas limosas.</td><td colspan="3" rowspan="4"> 
</td></tr>
<tr><td>OL</td><td>Limos orgánicos y arcillas limosas de baja plasticidad.</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">Limos y arcillas: Límite liquido mayor de 50</td><td>MH</td><td>Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limoso con mica o diatomeas, limos elasticos.</td></tr>
<tr><td>CH</td><td>Arcilla inorgánica de plasticidad alta.</td></tr>
<tr><td>OH</td><td>Arcillas inorganicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Suelos muy orgánicos</td><td>PT</td><td>Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.</td></tr>
</table>

Fuente: ASTM D 2487 “Norma estándar de clasificación de suelos para fines de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS)”

2.5 ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE SODIO NaCl (SAL)

El cloruro de sodio (NaCl) se presenta en forma de cristales fácilmente solubles en agua, los cuales son higroscópicos y fáciles de conseguir.

Con la adición de cloruro de sodio al agua se puede abatir la temperatura de congelamiento de esta última. Las soluciones que contienen NaCl disuelto presentan una mayor tensión superficial que en el caso del agua destilada y en

1% de sal incrementa la tensión superficial en 1 a 2 dinas por cm^2, la adición de cloruro de sodio al agua abate la presión de vapor.

Los cambios en el agua, debidos a la adición de cloruro de sodio, tanto en el punto de congelación como en la tensión superficial y la tensión de vapor, dependen de la solubilidad de la sal. El cloruro de sodio se adiciona al agua en pequeños porcentajes, ésta se disuelve rápidamente, pero a medida que el porcentaje adicionado va siendo más elevado, se disuelve con más dificultad y se tendrá un cierto porcentaje más allá del cual el cloruro de sodio ya no se disuelve.

Existe en la superficie de las partículas arcillosas una doble capa de iones adsorbidos, en el cual la energía potencial existente se disipa a partir de dicha superficie, hasta que en una cierta distancia se tenga el mismo potencial que el líquido circundante.

La sal es un estabilizante natural, compuesto aproximadamente por 98% de NaCl y un 2% de arcillas y limos, cuya propiedad fundamental al ser higroscópico, es absorber la humedad del aire y de los materiales que la rodean, para reducir el punto de evaporación y mejorar la cohesión del suelo.

Su poder coagulante conlleva a un menor esfuerzo mecánico para lograr la densificación deseada, debido al intercambio iónico entre el sodio y los minerales componentes de la matriz fina de los materiales, se produce una acción cementante.

Al agregar sal a los suelos se considera que se reduce el punto de evaporación del agua, debido al incremento en la tensión superficial. Sin embargo, cuando la superficie expuesta es menor que la evaporación, ésta se empieza a secar y el cloruro de sodio se cristaliza en la superficie y en los vacíos, lo que puede ayudar a formar una barrera que impedirá posteriores evaporaciones.

Es de suma importancia tener conocimiento de la reacción íntima entre la sal y el suelo, así como la permanencia a través del tiempo de la estabilización lograda y los efectos colaterales que causaría, en algunos elementos de la estructura del camino.

La adición de cloruro de sodio en una arcilla produce decremento en la contracción volumétrica, la formación de costra superficial y la reducción de la variación en la humedad; además, mantienen unidas las partículas no arcillosas y que se encuentran en la superficie, se desprenden con menor facilidad cuando sufren los ataques abrasivos del tránsito.

2.5.1 Cloruro de sodio

Es un compuesto químico de fórmula NaCl. Las sales se caracterizan por sus enlaces iónicos, lo cual da lugar a puntos de fusión relativamente altos, conductividad eléctrica en disolución o fundidas y estructura cristalina en estado sólido.

El cloruro de sodio es un sólido incoloro, soluble en agua fría o caliente, ligeramente soluble en alcohol e insoluble en ácido clorhídrico concentrado. En su forma cristalina es transparente, con un brillo parecido al hielo.

Generalmente, contiene impurezas de cloruro de magnesio (MgCl2), sulfato de magnesio (MgSO4), sulfato de calcio (CaSO4), cloruro de potasio (KCl) y bromuro de magnesio (MgBr2).

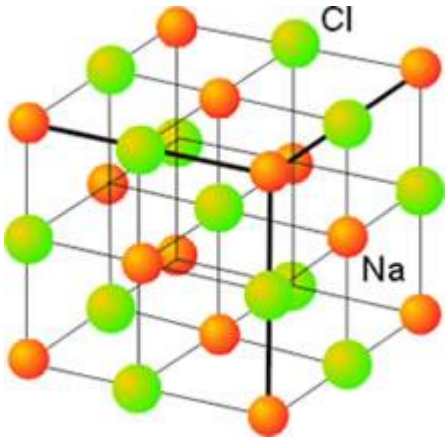


Figura 2.24. Estructura del cloruro de sodio

La sal se halla ampliamente distribuida en la naturaleza. Se encuentra diluida en el agua de los océanos en concentraciones que alcanzan los 30 g/L de agua y constituye un 3% de la masa del agua de los océanos. También se encuentra distribuida por ríos, lagos y mares interiores en concentraciones que varían entre el 0.002% y 30%. Asimismo, forma capas en pantanos y en el fondo de lagos secos, sobre todo en zonas extremadamente áridas. El mineral halita, conocido comúnmente como sal de piedra, aparece en lechos de ríos y lagos, depositado por la

deshidratación de antiguas masas de agua salada. La sal se forma constantemente por la acción ríos y corrientes sobre rocas que contienen cloruros y compuestos de sodio.

El método más simple de obtener sal en las zonas cercanas a los mares es por evaporación del agua salada, pero este método es costoso. En la mayoría de los casos se obtiene de depósitos subterráneos mediante técnicas de minería o a través de pozos excavados en dichos depósitos.

Tabla 2.6. Propiedades del cloruro de sodio

Nombre comercial: CLORURO DE SODIO	
Sinónimos: sal de mesa, halita, sal de mar	
Peso molecular: 58.44	
Familia química: haluros, sal inorgánica	
Fórmula: NaCl	
Propiedades físicas	
Estado de agregación:	Sólido
Apariencia:	Incoloro; aunque parece blanco si son cristales finos o pulverizados
Olor:	Inodoro
Densidad:	2200 kg/m³, 2.2 gr/cm³
Masa:	58.4 uma
Punto de Fusión:	1074K (801 ºC)
Punto de ebullición:	1738 K (1465 ºC)
Punto de descomposición:	0K (-273.16 ºC)
Temperatura crítica:	0K (-273.16ºC)
Presión de vapor:	1 atm @ 463 ºC
Densidad relativa:	1.165
Solubilidad en agua:	muy soluble
Reactividad en agua:	ninguna
Componentes	
99% cloruro de sodio	
Riesgo	
Salud:	ligero
Inflamabilidad:	ninguna
Reactividad:	ninguna

2.6 COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS ESTABILIZADOS CON CLORURO DE SODIO

Las investigaciones sobre el tema de estabilización de suelos con cloruro de sodio que presentan un detalle del comportamiento esfuerzo-deformación son escasas.

Existen autores que han estudiado el efecto del cloruro de sodio en las propiedades de los suelos, principalmente en las propiedades físicas y entre las principales observaciones se pueden citar las siguientes:

a. El peso volumétrico seco y la resistencia a la compresión se incrementan al adicionar cloruro de sodio hasta un 3%.

b. El límite líquido y el índice plástico se reducen al adicionar cloruro de sodio.

c. La cohesión y el ángulo de fricción interna parecen disminuir al adicionar cloruro de sodio en especímenes en los que no se permita la pérdida de humedad. Si se permite el sacado antes de ensayar los especímenes, tanto la cohesión como el ángulo de fricción interna aumentan de manera importante.

d. Las partículas de roca caliza parecen solubles a soluciones de cloruro de sodio.

e. La capacidad de retención de humedad aumenta en los suelos tratados con cloruro de sodio.

f. Se aumenta significativamente la tensión superficial del agua que puede, después del endurecimiento, ser responsable del aumento de la densidad del suelo hasta un 15% sobre aquella de un suelo sin tratar.

g. La cristalización durante el tiempo seco cementa las partículas de suelo en la superficie de los suelos. La expansión de estos cristales, a medida que se forman, llena los espacios vacíos del suelo y reduce el secado posterior.

Al analizar estudios realizados se evidencia que no todos los suelos responden de manera adecuada a la adición de cloruro de sodio, para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas.

2.6.1 Cambio en el peso volumétrico con la adición de sal

Con respecto a la estabilización de suelos con cloruro de sodio, se ha discutido mucho sobre el cambio en el peso volumétrico de un material con la adición de sal; mientras algunos investigadores aseguran un pequeño incremento, otros no apoyan esa teoría. Se sabe que la adición de cloruro de sodio hace que disminuya la humedad óptima. Se admite teóricamente que el cloruro de sodio ocasiona que los suelos se estructuren en forma dispersa y produce así un acercamiento entre las partículas y en consecuencia un mayor peso volumétrico, pero en la práctica este criterio no se ha verificado en todos los casos analizados.

2.6.2 Formas de aplicar el cloruro de sodio a los suelos

La estabilización con cloruro de sodio mejora algunas propiedades de los suelos a utilizar en bases y sub-bases. De igual forma que otros métodos de estabilización, el cloruro de sodio necesita de un método adecuado para mezclarse con el suelo a estabilizar, con el fin de reducir riesgos en la salud de los trabajadores in situ, y obtener una mezcla de suelo-cloruro de sodio que produzca mejores resultados.

Al igual que en la mayoría de las estabilizaciones, el cloruro de sodio puede aplicarse directamente al suelo a tratar y encontrar una relación en porcentaje que permita estabilizar adecuadamente el suelo.

Las formas de aplicación del cloruro de sodio son:

- En grano
- En salmuera

2.6.2.1 En grano. Esta forma de emplear consiste en aplicar un porcentaje de cloruro de sodio directamente al suelo, que homogenice de forma uniforme.

Este método de aplicación no es 100% eficaz, ya que al homogenizar el suelo con el cloruro de sodio quedan porciones de suelo, en las cuales tiene un menor porcentaje de NaCl con respecto a otros. Sin el ensayo en laboratorio es fácil la homogenización con métodos prácticos, haciendo que la mezcla suelo cloruro de sodio sea la correcta, de esta manera el cloruro de sodio estará presente en toda la muestra de suelo.

Figura 2.26. Aplicación de cloruro de sodio al suelo.

Fuente: Grupo de tesis.

2.6.2.2 En salmuera. Una de las principales propiedades del cloruro de sodio es que puede disolverse en agua fácilmente, es una ventaja para aplicar satisfactoriamente el porcentaje adecuado al suelo. Al diluír el cloruro de sodio en agua es más fácil aplicarlo al suelo y homogeneizarlo.

El Emplear este método de dilución en agua se crea salmuera, la cual es aplicada al suelo controladamente. La salmuera llena los espacios entre las partículas de suelo y establece un método eficiente al mismo tiempo que se agrega la humedad óptima al suelo. Sin embargo, al crear salmuera se corre el riesgo de afectar la maquinaria empleada para su realización, ya que la sal es un agente oxidante.

Figura 2.28. Salmuera

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, CII-USAC

2.7 ESTABILIZACION DE SUELOS PARA PAVIMENTOS

Cuando un suelo presenta resistencia suficiente para no sufrir deformaciones ni desgastes inadmisibles por la acción del uso o de los agentes atmosféricos y conserva además esta condición bajo los efectos climatológicos normales en la localidad, se dice que el suelo es estable. El suelo natural posee a veces la composición granulométrica y la plasticidad, así como el grado de humedad necesario para que, una vez apisonado, presente las características mecánicas que lo hacen utilizable como firme de un camino.

Los métodos empleados en la antigüedad para utilizar los suelos en la construcción eran empíricos y, como las demás actividades artesanas, se transmitían de generación en generación. Los conocimientos en la actualidad sobre este campo se basan principalmente en estudios sistemáticos con fundamento científico corroborado mediante la experimentación.

En general puede decirse que todos los suelos pueden ser estabilizados, pero si la estabilización ha de lograrse por aportaciones de otros suelos o por medios de otros elementos

(por ejemplo, cemento, cal, cloruro de sodio) el costo de la operación puede resultar demasiado alto si el suelo que se trata de corregir no posee determinadas condiciones.

Entre las aplicaciones de un suelo modificado o estabilizado se encuentran la mejora de los suelos granulares susceptibles a las heladas y el tratamiento de los suelos limosos y/o arcillosos para reducir los cambios de volumen.

2.7.1 Estabilización de Suelos

Llamamos estabilización de un suelo al proceso mediante el cual se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento de modo que podamos aprovechar sus mejores cualidades, obteniéndose un firme estable, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones de clima más severas. Se dice que es la corrección de una deficiencia para darle una mayor resistencia al terreno o bien, disminuir su plasticidad.

2.7.2 Métodos de estabilización de suelos

Las tres formas de lograrlo son las siguientes:

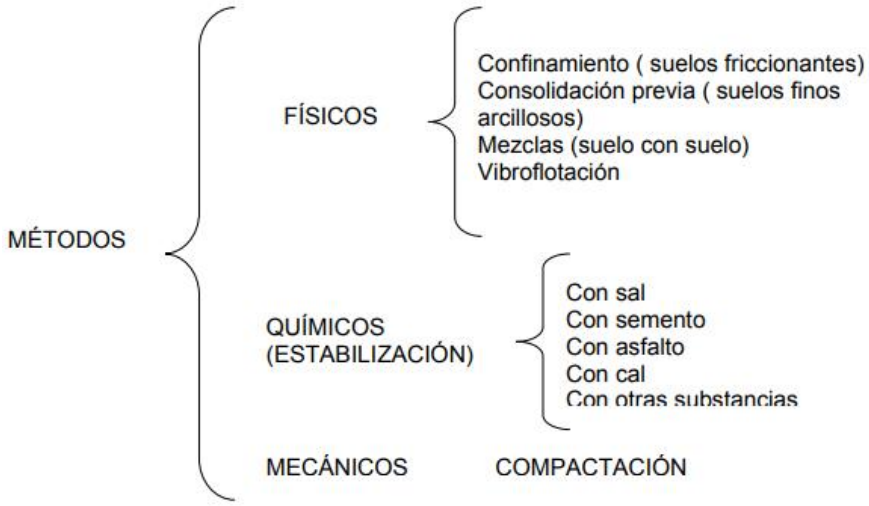


Figura 2.30. Métodos de estabilización de suelos

2.7.2.1 Estabilización Física. Este se utiliza para mejorar el suelo produciendo cambios físicos en el mismo. Hay varios métodos como lo son:

• **Mezclas de Suelos:** Este tipo de estabilización es de amplio uso pero por si sola no logra producir los efectos deseados, necesitándose siempre de por lo menos la compactación como complemento.

Por ejemplo, los suelos de grano grueso como las grava-arenas tienen una alta fricción interna lo que lo hacen soportar grandes esfuerzos, pero esta cualidad no hace que sea estable como para ser firme de una carretera ya que al no tener cohesión sus partículas se mueven libremente y con el paso de los vehículos se pueden separar e incluso salirse del camino. Las arcillas, por lo contrario, tienen una gran cohesión y muy poca fricción lo que provoca que pierdan estabilidad cuando hay mucha humedad. La mezcla adecuada de estos dos tipos de suelo puede dar como resultado un material estable en el que se puede aprovechar la gran fricción interna de uno y la cohesión del otro para que las partículas se mantengan unidas.

• Geotextiles

• Vibroflotación

• Consolidación Previa

2.7.2.2 Estabilización Química. Se refiere principalmente a la utilización de ciertas sustancias químicas patentizadas y cuyo uso involucra la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución de los suelos involucrados en el proceso.

• **Cal:** Disminuye la plasticidad de los suelos arcillosos y es muy económica.

• **Cemento Portland:** Aumenta la resistencia de los suelos y se usa principalmente para arenas o gravas finas.

• **Productos Asfálticos:** Es una emulsión muy usada para material triturado sin cohesión.

• **Cloruro de Sodio:** Impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos.

• **Cloruro de Calcio:** Impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos.

• **Escorias de Fundición:** Este se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

• **Polímeros:** Este se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

• **Hule de Neumáticos:** este se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

2.7.2.3 Estabilización Mecánica. Es aquella con la que se logra mejorar considerablemente un suelo sin que se produzcan reacciones químicas de importancia.

• **Compactación:** este mejoramiento generalmente se hace en la sub-base, base y en las carpetas asfálticas.

CAPÍTULO 3 .
DESCRIPCION DE PRUEBAS DE LABORATORIO

3.1 REDUCCIÓN DE MUESTRAS A TAMAÑO DE ENSAYO AASHTO T 248-02

Luego de realizar un adecuado muestreo en campo, lo siguiente es reducir la muestra a tamaño de ensayo.

3.1.1 Selección del método.

Existen tres métodos para realizar una reducción de muestra: Método A (Cuarteador Mecánico), Método B (Cuarteado Manual) y Método C (Apilamiento Miniatura).

En nuestro caso por ser un suelo en su mayoría de grano fino y por contar con humedad ambiente, la reducción de muestra a tamaño de ensayo se realizó por el método B (cuarteo manual) tal como se describe a continuación:

Se coloca la muestra en una charola rectangular o una superficie limpia y se mezcla apilándola en forma de cono.

Se procede a aplanar el cono de tal forma que quede de forma de disco.

Se divide la muestra en 4 partes iguales con ayuda de una regleta.

Se descartar dos de las cuartas partes que se oponen diametralmente.

Tomar los dos cuartos que quedan, los cuales constituyen la “muestra final”.

Si la muestra final sigue siendo grande, puede repetir el procedimiento descrito hasta llegar al tamaño de muestra ideal (Muestra Menor).

Figura 3.2 Reducción de muestra a tamaño ensayo

Fuente: Laboratorio de suelos y materiales “MZ CONSULTORES”

3.2 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE UN SUELO EN LABORATORIO POR MASA

3.2.1 Material y equipo:

- Muestra de suelo:

La masa mínima del material húmedo seleccionado para ser representativo de la muestra total, estará de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 3.2 Masa mínima de muestra para la determinación del contenido de humedad.

Tamaño máximo de la partícula (100% pasa)	***Tamaño nominal de la malla***	***Masas mínimas recomendadas del espécimen húmedo de ensayo, para el contenido de humedad a ser reportado al ± 0.1 %***	***Masas mínimas recomendadas del espécimen húmedo de ensayo, para el contenido de humedad a ser reportado al ± 1 %***
2 mm o menor	No. 10	20 g	20 g*
4.75 mm	No. 4	100 g	20 g*
9.5 mm	3/8 pulgadas	500 g	50 g
19.0 mm	¾ pulgadas	2.5 Kg	250 g
37.5 mm	1 1/2 pulgadas	10 Kg	1 Kg
75.0 mm	3 pulgadas	50 Kg	5 Kg

Fuente: Norma ASTM D 2216-98, volumen 04.08 (American Society for Testing and Materials)

- Horno de Secado o Estufa.
- Balanza.
- Recipientes para espécimen.
- Misceláneos: Guantes, franelas, cuchillos, espátula, cucharones grandes.

3.2.2 Procedimiento:

1. Determine y anote, la masa de cada recipiente limpio y seco a utilizar, identificándolo respectivamente.

Nota: Para evitar confundir los especímenes de ensayo y proporcionar resultados incorrectos; todos los recipientes deben numerarse distintamente y registrarse en la hoja de datos.

2. Seleccione varias porciones representativas con un cucharón grande; hasta formar el tamaño del espécimen de ensayo requerido.
3. Coloque cada espécimen húmedo de ensayo en el recipiente. Determine la masa del recipiente y del material húmedo usando una balanza seleccionada. Registre este valor.
4. Coloque el recipiente con el material húmedo en la estufa hasta obtener una masa constante.
5. Retire el recipiente de la estufa después de secado el material. Déjelo enfriar junto con el material a una temperatura ambiente o hasta que pueda ser manipulado y el funcionamiento de la balanza no sea afectado.
6. Determine la masa del recipiente y el material secado, usando el mismo tipo y capacidad de balanza utilizada en el paso 3. Registre este valor.

3.2.3 Cálculos:

Calcule el contenido de humedad del espécimen de ensayo como sigue:

$$\omega = \frac{M_{h+r} - M_{s+r}}{M_{s+r} - M_r} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \quad \textit{Ec. 3.1}$$

Donde:

ω = contenido de agua, %

M_{h+r} = masa del espécimen húmedo + recipiente, g,

M_{s+r} = masa del espécimen secado al horno + recipiente, g,

M_r = masa del recipiente, g,

M_w = masa de agua ($M_w = M_{h+r} - M_{s+r}$), g,

M_s = masa de suelo seco ($M_s = M_{s+r} - M_r$), g.

3.3 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS DE SUELO

3.3.1 Material y equipo:

- Muestra de suelo: Representativa de campo y en condición “secada al aire”.
- Balanzas de diferente sensibilidad, taras y cocina.
- Juego de tamices: Un juego completo de tamices, en que se incluyen los siguientes:

Tabla 3.4. Juego de tamices estándar.

Malla	*Abertura (mm)*	*malla*	*Abertura (mm)*
3"	75.0	# 4	4.75
2 1/2"	63.0	# 8	2.36
2"	50.0	# 10	2.00
1 1/2"	37.5	# 30	0.60
1"	25.0	# 40	0.42
3/4"	19.0	# 50	0.3
1/2"	12.5	# 100	0.15
3/8"	9.5	# 200	0.074

Figura 3.4 Equipo utilizado para ensayo de granulometría; juego de tamices, basculas, y recipientes de secado.

3.3.2 Procedimiento:

Preparación de la muestra a ensayar:

1. Exponga al aire la muestra de suelo recibida de campo a la temperatura ambiente hasta que seque completamente.

2. Reduzca el suelo a una cantidad representativa, ya sea por cuarteo o utilizando un partidor de muestras, de tal manera que la muestra de ensayo sea la suficiente para proporcionar las cantidades requeridas según la tabla 3.3 y 3.4, posteriormente registre esta masa como la masa total de la muestra no corregida por humedad higroscópica.

Tabla 3.6. Masa mínima de la porción de suelo retenida en el tamiz No 10 a utilizar en el tamizado, según el tamaño máximo de las partículas.

Tamaño máximo nominal de la partícula, pula (mm)	*Masa mínima aproximada de la porción, g*
3/8 (9.5)	500
¾ (19.0)	1000
1 (25.4)	2000
1½ (38.1)	3000
2 (50.8)	4000
3 (76.2)	5000

Tabla 3.8. Masa mínima de la porción de suelo que pasa el tamiz No 10, según el tipo de suelo.

Suelos arcillosos y limosos	*65 g*
Suelos arenosos	115 g

3. Tamice toda la muestra de ensayo por la malla N°10 y pulverice cualquier grumo existente en la fracción retenida en dicha malla dentro de un mortero con un pistilo, hasta que las partículas de suelo estén completamente desmenuzadas.

4. Tamice nuevamente por la malla N° 10 las partículas de la fracción retenida y lave dicho material después de este segundo tamizado, luego seque y registre su masa como la masa del material grueso (Mg).

5. Tamice el material grueso del paso anterior en la malla N° 4 (4.75 mm) y registre la masa que se retiene.

6. Mezcle completamente las fracciones del material que pasaron el tamiz N° 10 (2.00 mm) obtenidas en el paso 3 y 4, luego seleccione de acuerdo con la tabla 3.3 la masa mínima de la muestra a utilizar, dependiendo del tipo de suelo.

7. Determine y registre la masa de un recipiente (tara) limpio y seco para obtener la humedad higroscópica del material que pasa el tamiz N° 10.

8. Tome una porción de 10 a 15 g de la muestra previamente seleccionada en el paso 6 y colóquela en el recipiente, seque posteriormente la muestra y registre su masa seca.

9. Vierta la muestra la fracción obtenida de paso 6 en el tamiz No. 200 (75 µm) y lave con agua del grifo hasta que ésta se observe limpia, luego deposítelo en un recipiente apropiado de masa conocida y seque en un horno a una temperatura de 110 ± 5 °C hasta masa constante. Determine y registre la masa seca de las partículas del suelo después de lavado.

Figura 3.6 Lavado de muestra (paso 9)

10. Ordene el juego de mallas a utilizar (No. 10, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200) colocándolas de forma descendente de mayor a menor abertura junto con el fondo. Posteriormente deposite el material seco en la malla superior y luego coloque la tapa.

11. Coloque el juego de tamices conteniendo la muestra en el Rop – Tap y agítelo hasta que no más del 1 % de la masa retenida en cada tamiz pase durante 1 minuto de tamizado.

12. Determine y registre en hoja de datos las masas retenidas en cada una de las mallas, utilizando una balanza de 0.01 g de legibilidad.

Nota: Verifique que la suma de las masas retenidas en cada uno de los tamices usados, sea igual a la masa original de la cantidad de muestra tamizada.

Figuras 3.8 Realización de tamizaje.

3.3.3 Determinación del gráfico del análisis granulométrico

Construya un gráfico con los resultados del análisis granulométrico trazando como abscisas las aberturas de las mallas en una escala logarítmica y como ordenadas los porcentajes que pasan cada una de las mallas correspondientes, en una escala aritmética.

3.4 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

3.4.1 Material y equipo:

LIMITE LÍQUIDO:

- Aparato del límite líquido (Copa de Casagrande)
- Calibrador
- Ranurador plano
- Recipientes para contenido de humedad
- Balanza
- Recipiente para mezclado y almacenamiento
- Espátula o cuchillo
- Mortero y pistilo

Figura 3.10 Equipo utilizado durante el ensayo del límite líquido; a) Copa de Casagrande; b) recipiente de porcelana; c) espátula; d) ranuradores planos; e) calibrador.

LIMITE PLASTICO:

- Placa de vidrio.
- Misceláneos: Pipeta, cepillo plástico, franelas, bolsas plásticas, horno.

3.4.2 Preparación del equipo

A) Inspección del desgaste del equipo:

1. Verifique que el aparato del límite líquido este limpio y en buen funcionamiento y que la huella sobre la base donde la copa hace contacto con ella; no tenga un desgaste mayor de 10 mm (3/8 pulg) de diámetro, de lo contrario deberá ser ajustada.

Nota: Cuando el desgaste donde la copa hace contacto con la base es mayor que lo especificado, se puede nivelar la superficie de la base adelgazándola, sin perder la tolerancia de las dimensiones que debe poseer ésta (ver norma ASTM D 4318-00).

2. Verifique que el desgaste en la zona de la copa donde el ranurador divide la muestra, no sea mayor de 0.1 mm (0.004 pulg) de profundidad y que el borde de la copa no haya sido reducido a la mitad de su espesor original, si esto sucede se deberá reemplazar la copa.
3. Compruebe que los tornillos que fijan la copa al soporte colgante de ésta se encuentren firmemente colocados.
4. Verifique que el pivote de soporte de la copa, no este atorado y no permita una magnitud mayor de 3 mm (½ pulg) de movimiento lateral desde el punto más bajo del borde.
5. La leva no deberá estar desgastada de tal forma que se aumenten los golpes de la copa antes de que el soporte de la misma pierda contacto con la leva.

6. Inspeccione que el acanalador no esté gastado. La rapidez de su desgaste depende del material del que la herramienta este fabricada y de los tipos de suelos que se ensayen.

Nota: Al ensayar suelos que contienen una proporción grande de partículas de arena fina, éstos pueden causar desgaste rápido en el acanalador; por consiguiente, éste debe inspeccionarse más frecuentemente que cuando se ensayan otros tipos suelos.

B) Calibración de la altura de caída de la copa

1. Coloque una pieza de cinta adhesiva por fuera en el fondo de la copa, de tal forma que se encuentre paralela al eje del pivote de la manivela de la copa.

Notas:

- El ajuste de la altura de la caída de la copa, consiste en que el punto de la copa que entra en contacto con la base se eleve una altura de 10 ± 0.2 mm.
- La cinta a colocar en la copa deberá atravesar el punto en donde la copa hace contacto con la base. Al utilizar copas nuevas no será necesaria la colocación de la cinta adhesiva.

2. Coloque una pieza de papel carbón sobre la base y deje caer la copa varias veces para que marque el sitio de contacto.
3. Sujete la copa al dispositivo y rote la manivela hasta que la copa se levante a su máxima altura.
4. Desplace el calibrador por debajo de la copa desde el frente y observe si el calibrador hace contacto con la copa o la cinta marcada. (Vea Fig. 3.6).

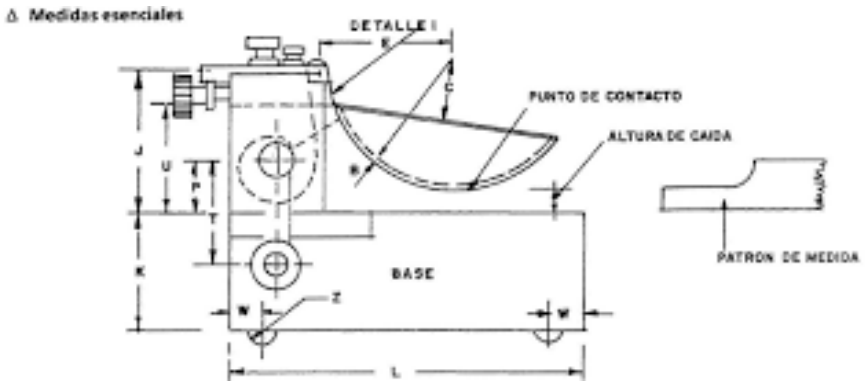


Figura 3.12 Verificación de la altura de caída.

Nota: Si la cinta y la copa hacen contacto simultáneamente con el calibrador, la altura de caída está lista a ser verificada, de lo contrario ajuste la copa hasta que el contacto sea simultáneo.

5. Verifique el ajuste girando la manivela a razón de 2 revoluciones por segundo, mientras el calibrador se encuentra con el punto en la cinta colocada en la copa.

3.3.3 Procedimiento

- ***LÍMITE LÍQUIDO***

Preparación de la muestra:

Si el material contiene poco o nada de partículas retenidas en el tamiz No. 40 (425 μm), realice los siguientes pasos:

1. Tamice por la malla No. 40 (425 μm), una cantidad representativa de la muestra total de suelo la suficiente para obtener un espécimen de ensayo de 150 a 200 g.
2. Coloque el espécimen de suelo en un recipiente para mezclado, agréguele agua desmineralizada y mézclelo completamente con una espátula.

Nota: El tiempo que tomará mezclar adecuadamente un suelo variará considerablemente y dependerá de la plasticidad y del contenido de agua inicial del mismo. El tiempo de mezclado inicialmente requerido para suelos duros y arcillas altamente plásticas podría ser mayor de 30 minutos.

3. Ajuste el contenido de agua del espécimen de ensayo de tal manera que obtenga la consistencia requerida para el número de golpes a aplicar.

Nota: Si es usado el método por múltiples puntos (Método A), ajuste el contenido de agua del material para producir una consistencia requerida de aproximadamente entre 25 a 35 golpes para cerrar la ranura en el dispositivo del límite líquido Para el método por un punto (Método B), el número de golpes debe ser entre 20 y 30 aproximadamente.

4. Cubra el recipiente conteniendo la muestra de suelo en una bolsa plástica para prevenir la perdida de humedad y déjela reposar por lo menos 16 horas.

Determinación del límite líquido por el método de múltiples puntos:

5. Transcurridas las 16 horas de reposo se mezcla la muestra para homogenizarla y coloca en la copa de Casagrande.

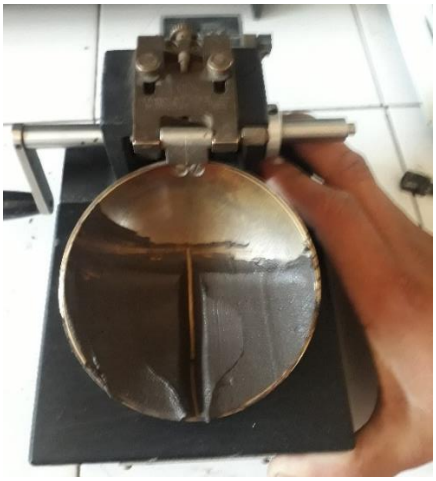


Figura 3.14 Muestra de la ranura del suelo en la copa del aparato para límite líquido.

6. Se enraza la muestra colocada en la copa y se divide por la mitad usando el acanalador.
7. Se procede a levantar y dejar caer la copa a razón de 2 golpes por segundo contando el número de golpes hasta que el surco se cierre aproximadamente 13 mm.
8. El proceso de paso 7 se realizará tres veces, siguiendo los parámetros 25-35, 20-30, 15-25 golpes.
9. Se toma una porción de muestra, se coloca en una tara y se registra su peso (esto se hace para cada punto) y se ponen a secar.
10. Luego de secar y dejar enfriar al aire se vuelve a pesar y se registran sus pesos en estado seco.

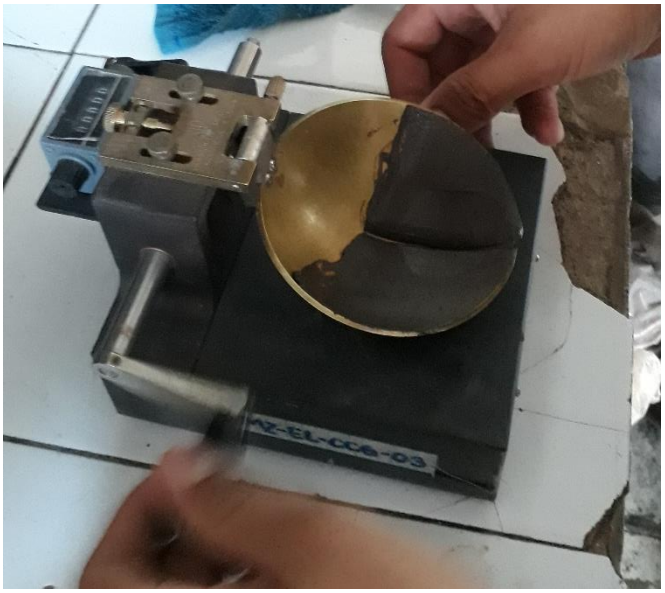


Figura 3.16 Detalle del cierre de la ranura de la pasta de suelo en el fondo de la copa durante el ensayo del límite líquido.

- ***LÍMITE PLÁSTICO***

Preparación del espécimen de ensayo:

1. Seleccione 20 g o más del espécimen de suelo preparado para el ensayo del límite líquido o del suelo restante de dicho ensayo.

2. Reduzca el contenido de humedad del suelo hasta que posea una consistencia en la cual pueda rolarse sin adherirse en las manos cuando sea extendido o se mezcle continuamente en la placa de vidrio.

Nota: El proceso de secado puede ser acelerado exponiendo el suelo a una corriente de aire de un ventilador eléctrico o secándolo con un papel que no agregue fibra al suelo, como por ejemplo: papel toalla de aspecto duro o papel filtro con alta resistencia en húmedo.

Determinación del límite plástico:

3. Seleccione una porción de suelo entre 1.5 y 2.0 g, de la muestra de 20 g que se tomó anteriormente (paso 1) y forme una masa elipsoidal.

4. Role esta masa de suelo colocándola entre la palma de la mano o los dedos y la placa de vidrio con suficiente presión, hasta hacer un hilo de diámetro uniforme de aproximadamente 3.2 mm (1/8 pulg), a lo largo de su longitud en un lapso máximo de 2 minutos.

Figura 3.18 Rolado de la barrita de suelo.

5. Cuando se halla alcanzado el diámetro requerido (3.2 mm) del hilo de suelo, desmenuce ésta en varias porciones. Seguidamente junte las porciones y amase de nuevo hasta darle una forma aproximadamente elipsoidal.

6. Role el suelo nuevamente, hasta que el hilo sea de un diámetro de 3.2 mm. Repita el paso anterior hasta que aparezcan grietas en él o se quiebre bajo la presión del amasado y ya no sea posible formarlo de nuevo con el diámetro de 3.2 mm.

7. Reúna las porciones de suelo resquebrajadas y colóquelas en un recipiente de masa conocida. Determine la masa del recipiente con el suelo y regístrelo en la hoja de datos correspondientes.

Figura 3.20 Porciones de suelo resquebrajado obtenidas durante el ensayo del límite plástico.

8. Repita los pasos del numeral 3 al 7 hasta que en el recipiente haya por lo menos 6 g de suelo.

9. Registre la masa del recipiente con el suelo húmedo y determine posteriormente el contenido de humedad del suelo en el recipiente.

10. Repita los pasos del literal 3 al 8 para obtener otro espécimen de ensayo para la determinación del límite plástico.

3.3.4 CALCULOS:

3.3.4.1 LIMITE LÍQUIDO

Método A (Método de múltiples puntos):

1. Construya la curva de fluidez en papel semilogarítmico, graficando los contenidos de agua (ω%) en el eje de las ordenadas, en escala aritmética y el número correspondiente de golpes (N) de cada espécimen como abscisas, en escala logarítmica. Trace posteriormente la mejor línea recta que una los puntos graficados.

2. Seleccione la abscisa de 25 golpes e intercepte con la línea recta que une los puntos y ubique el contenido de agua correspondiente en la escala de las ordenadas.

Registre dicho valor, como el límite líquido (LL) del suelo y redondee al número entero más cercano.

3.3.4.2 LIMITE PLASTICO

Calcule el promedio de los contenidos de agua determinados en el ensayo del límite plástico y redondee al número entero más cercano. Este valor será el límite plástico (LP) expresado en porcentaje.

3.5 DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN DE SUELOS

3.5.1 Material y equipo:

- Muestra de suelo
- Apisonador manual o martillo de compactación
- Moldes
- Extractor de muestras
- Regla enrazadora
- Balanza
- Horno de secado
- Tamices: Tamiz de ¾" (19.0 mm) y No.4 (4.75 mm).
- Misceláneos: Recipientes de mezclado (charola o bandeja), cucharón, pala, cuchara de albañil, espátula u otras herramientas convenientes para mezclar completamente la muestra de suelo con los incrementos de agua, además guantes de hule, probeta de 500 ml, recipientes para contenidos de humedad, brocha, bolsas plásticas.

3.5.2 Procedimiento:

Determinación del volumen y peso del molde de compactación:

1) Mida seis veces el diámetro del molde de compactación (Molde de 4") en la parte superior e inferior, utilizando un vernier y registre los valores con una precisión de 0.001 pulgadas (0.02 mm), en la hoja de datos correspondiente.

Nota: Cada una de las seis medidas debe tomarse igualmente espaciada tanto en la parte superior e inferior alrededor de la circunferencia del molde.

2) Determine y registre la masa del molde de compactación seleccionado incluyendo su base (sin collarín), con una precisión de 1 g.

3) Mida la altura del molde de compactación en la parte interior, tres veces a lo largo de su contorno, utilizando una cinta métrica. Calcule el promedio de las tres medidas tomadas y regístrelo como la altura del molde (hm) en el correspondiente formato.

Preparación del espécimen de ensayo:

1) Exponga al aire la muestra de suelo recibida de campo a una temperatura ambiente o colóquela en un horno de secado mantenido a una temperatura no excedente de 60 ºC, hasta que seque completamente.

2) Desmenuce completamente los grumos utilizando un mortero y pistilo, de tal forma que no se reduzca el tamaño natural de las partículas individuales.

3) Tamice una cantidad adecuada y representativa del suelo desmenuzado, utilizando la malla No.4 (4.75 mm) y descarte el material que se retiene en dicho tamiz.

Nota: No se considera apropiado sustituir el material retenido en la malla No. 4 por partículas finas para mantener el mismo porcentaje de material de sobretamaño.

4) Tome 2 muestras de suelo para determinar el contenido de humedad natural según el ensayo D 2216 (Ensayo No.1).

5) Tome 5 muestras de 3 Kg cada una, del suelo tamizado anterior y posteriormente coloque las muestras en bolsas plásticas para evitar la pérdida de humedad.

6) Calcule la cantidad de agua a agregar a cada una de las muestras a compactar, realizando incrementos que varíen en ± 2%, utilizando la siguiente ecuación:

$$C_w = k \times \frac{w_2 - w_1}{1 - w_1} \qquad \textit{Ec. 3.2}$$

Donde:

C_w = Cantidad de agua a agregar a cada una de las muestras de suelo, cm3

k = Masa de la muestra a ensayar con la humedad w1, g

w_1 = Humedad que contiene el material a ensayar, en decimales.

w_2 = Humedad a que deberá realizarse el ensayo de compactación, en decimales.

Notas:

- Frecuentemente con la práctica es posible visualizar un punto cercano al contenido de agua óptimo, esto se logra tomando una muestra de suelo y estrujándola con la mano, si ésta se divide limpiamente en dos secciones (sin desmoronarse), éste suelo está cercano al valor de humedad óptimo, el cual puede ser utilizado como punto base para adicionar la cantidad de agua requerida a las muestras de ensayo.

- Algunos suelos con contenidos de humedad óptimos muy altos o una curva de compactación relativamente plana pueden requerir incrementos más grandes (pero no exceder un 4%) de contenido de agua, para obtener un peso seco unitario máximo bien definido.

7) Coloque una de las muestras de suelo en un recipiente apropiado para el mezclado.

8) Agregue a la muestra de suelo la cantidad de agua calculada en el paso 5 de este apartado para hacerla llegar a la humedad requerida.

Figura 3.22 Humedecimiento de la muestra para obtener la humedad requerida para el ensayo Proctor.

9) Mezcle completamente la muestra para asegurar una distribución uniforme, colóquela en un recipiente con tapa y déjela reposar durante un tiempo mínimo según el tipo de suelo (vea tabla 3.5).

Tabla 3.10. Tiempo requerido para el reposo de especímenes húmedos.

CLASIFICACIÓN	**TIEMPO DE REPOSO MÍNIMO, H**
GW, GP, SW, SP	No requiere
GM, SM	3
OTROS SUELOS	16

Fuente: Norma ASTM D698-00a, volumen 04.08 (American Society for Testing and Materials)

Compactación de la muestra:

1) Ensamble la placa base al molde con el collarín asegurándolos correctamente.

2) Sitúe el molde en una superficie rígida, nivelada y uniforme, para realizar el ensayo sin ningún error.

3) Coloque el suelo previamente preparado dentro del molde hasta formar una capa de espesor uniforme, de tal manera que al compactarlo ocupe una quinta parte del molde.

4) Compacte el suelo colocado en el molde utilizando el martillo de compactación y proporcione 25 golpes distribuidos uniformemente dentro del molde.

Figura 3.24 Compactación de la primera capa de suelo molde Proctor.

Notas:

- Los golpes del martillo se deben proporcionar levantando éste hasta el nivel superior de la manga guía y evitar levantar esta última durante el ascenso de este, sosteniéndola al mismo tiempo firmemente con una inclinación vertical de 5°.

- El número de golpes aplicados con el martillo durante el proceso de compactación deben ser distribuidos uniformemente, teniendo el cuidado de aplicarlos a una velocidad de 25 golpes/min.

- Al finalizar la compactación de cada capa, raye la superficie empleando un cuchillo para garantizar una buena adherencia con la siguiente capa.

5) Repita los pasos 3 y 4 (de este apartado), hasta completar cinco capas compactadas en el molde.

Nota: La última capa compactada deberá estar ligeramente arriba de la parte superior del molde, pero no exceder una altura de 6 mm (1/4”); ya que de lo contrario el espécimen deberá ser descartado.

6) Remueva el collarín del molde, corte cuidadosamente el suelo compactado hasta nivelar la parte superior del molde usando la regla enrazadora.

Nota: Llene presionando con los dedos y utilizando material del corte, cualquier agujero sobre la superficie del suelo enrazado y nivele nuevamente.

7) Limpie completamente la parte externa del molde utilizando una brocha.

8) Determine la masa del molde con el suelo compactado y regístrela en kg, con una aproximación de 5 g.

9) Desmonte la placa base del molde y extraiga el espécimen compactado utilizando el gato hidráulico. Posteriormente corte el espécimen axialmente y tome del centro dos muestras de aproximadamente 500 g de material.

10) Determine el contenido de humedad de las dos muestras obtenidas en el paso anterior.

11) Limpie completamente el molde, placa base y anillo para ensayar el próximo espécimen.

12) Repita los pasos del numeral 1al 11 de este método A, para las muestras de suelo restantes.

3.6 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL VALOR DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

Este procedimiento se aplica para la determinación del Valor de Soporte de California (CBR) en materiales de pavimento para sub-rasantes, sub-bases y bases a partir de especímenes de laboratorio compactados según la norma AASHTO T 193-99(2003). El método de ensayo se destina principalmente para la evaluación de la fuerza cohesiva de materiales que tengan un tamaño máximo de partículas inferior a 19mm (3/4 pulg.).

Se utiliza para evaluar el potencial de fuerza en sub-rasantes, sub-base y base con el material del sitio, incluyendo materiales reciclados para su uso en carretera y el derecho de aceras. El valor de CBR obtenido, forma parte integrante del pavimento para varios métodos en el diseño del mismo, proceder de la siguiente manera para su determinación:

La muestra se compactará de acuerdo con los procedimientos indicados en la AASHTO T 99 o T 180 para la compactación en un molde de 152.4mm (6pulg.) con excepción de lo siguiente:

Si todo el material pasa a el tamiz de 19.0mm (3/4pulg.), toda la graduación se utilizará para la preparación de especímenes para la compactación sin modificaciones. Si hay materiales retenidos en el tamiz de 19.0mm, los materiales retenidos serán removido y sustituido por una cantidad igual de material que pasa por el tamiz de 19.0mm y de retenerse en el tamiz de 4.75mm (No. 4) obtenida por separación de porciones de la muestra no utilizarse de otra forma para la prueba.

Capacidad de soporte con el contenido óptimo de agua. A partir de una muestra con una masa de 35kg (75lb) o más, seleccionar una parte representativa con una masa de aproximadamente 11kg (25lb) para una prueba del grado de humedad/densidad y dividir el resto

de la muestra para obtener tres porciones representativas con una masa de aproximadamente 6.8kg (15lb) cada uno en base a la norma AASHTO T 248.

Relación humedad/densidad.

Capacidad de soporte al óptimo contenido de agua. Use una porción de 11kg (25lb), determinar el contenido óptimo de humedad y densidad seca máxima de acuerdo con el método de compactación especificado, ya sea AASHTO 99 o AASHTO T 180.

Procedimiento.

Normalmente, tres especímenes deben ser compactados de manera que se logre una gama de densidades al 95 por ciento (o inferior) y el 100 por ciento de la densidad seca máxima.

1. Fije el molde a la placa de base, adjuntar la extensión al cuello y pesar con la precisión más cercana a 5g (0.01lb). Inserte el disco espaciador en el molde y coloque un filtro de papel grueso en la parte superior del disco.
2. Mezclar cada una de las tres porciones de 6.8kg (15lb) preparadas con agua en cantidades suficiente para obtener el óptimo contenido de humedad.
3. Compactar la primera de las tres porciones de suelo-agua-mezcla en el molde, utilizando tres capas iguales, si la máxima densidad se determinó según el método AASHTO T 99 ó cinco capas iguales, en caso de que la máxima densidad se determinó por el método AASHTO T 180, para dar un total compactado de unos 125mm.
4. Determinar el contenido de humedad del material compactado al principio y al final de la compactación del procedimiento (dos muestras). Cada muestra de humedad tendrá una masa de al menos 100g para suelos de grano fino y de 500g para suelos de grano grueso.

5. La determinación del contenido de humedad se llevará a cabo de conformidad con el método AASHTO T 2216, “Determinación en laboratorio del contenido de humedad de los suelos”.
6. Luego retire el collar de extensión, y utilizando una regla enrazador, recortar el suelo compactado hasta nivel superior del molde. Superficies con irregularidades debe ser nivelada con el material compactado del recorte. Retire el disco espaciador, coloque un filtro grueso de papel en la placa base perforada, invertir el molde y la tierra compactada y colocar otro papel de filtro para que el suelo compactado esté en contacto con el papel de filtro. Sujetar la placa base perforada para el molde y adjuntar el cuello. Determinar la masa del molde y el modelo con la precisión más cercana a 5g (0.01lb).
7. Compactar las otras dos muestras de 6.8kg (15lb) para los golpes restantes ya sea 10, 25 o 56, salvo que un número intermedio de golpes por capa debe ser utilizado para compactar la segunda muestra y el mayor número de golpes por capa será utilizado para compactar la tercera muestra.

Saturación de la muestra.

8. Colocar contrapesos de ajuste en la muestra de suelo con el molde y los necesarios para simular una intensidad de carga igual a la masa de la sub-base y base por encima de la superficie y el material ensayado. La masa total será de un mínimo de 4.54kg. Adicionales en masa, se añade en incrementos de 2.26kg.
9. Coloque el trípode con el indicador dial en la parte superior del molde y hacer una primera lectura de marcación.

Figura 3.26 Moldes, contrapesos y collar de extensión.

10. Sumergir el molde en agua para permitir el libre acceso de agua a la parte superior e inferior de la muestra. Durante la saturación, mantener el nivel de agua en el molde y el tanque de remojo aproximadamente 25mm (1pulg.) por encima de la parte superior de la muestra. Remoje la muestra 96 horas (cuatro días).

Figura 3.28 remojo de muestra.

11. Al término de 96 horas, hacer una última lectura de marca en el espécimen empapado y calcular el cambio como un porcentaje de la muestra inicial de longitud:

$$\%\ \boldsymbol{Hinchamiento} = \frac{\boldsymbol{Lectura\ final - Lectura\ inicial}}{\boldsymbol{127mm}}\ \boldsymbol{x100}$$ *Ec. 3.3*

12. Sacar las muestras del lugar de saturación, elimine el agua de la parte superior y permitir un escurrimiento de los especímenes durante 15 minutos. Se tendrá cuidado de no perturbar la superficie de los especímenes durante eliminación del agua. Después de retirar los sobrepesos y placas perforadas.

Prueba de penetración.

13. Aplicación de sobrepesos: Coloque sobrepesos de ranuras anulares y pesos en los especímenes igual a la utilizada durante la saturación, para prevenir el desplazamiento de materiales blandos en el agujero, en la penetración del pistón de 44N (10lb) de carga; después procurar asentar el pistón de carga a la muestra compactada y a continuación, someter todo el pistón.
14. Asiento del pistón: Después de asentar el pistón de penetración 44 N (10lb) de carga, establezca el indicador de penetración de marcación y el indicador de carga a cero.
15. Aplicación de carga. Aplicar las cargas de penetración del pistón a una tasa de penetración uniforme de 1.3mm (0.05pulg.)/min. Registre la carga cuando la penetración sea de 0.64, 1.27, 1.91, 2.54, 3.81, 5.08 y 7.62mm (0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.150, 0.200 y 0.300 pulg.). Lecturas de carga a penetraciones de 10.16 y 12.70mm (0.400 y 0.500pulg.) se puede obtener, si lo desea ó usar otro rango de lecturas apropiado.

Figura 3.30 prueba de penetración.

Cálculos.

16. Registrar los valores obtenidos en la penetración, en unidades de psi, y tabularlos a fin de generar la Curva tensión-deformación.
17. El CBR es generalmente la carga seleccionada a 2.54mm (0.10pulg.) de penetración cuando el valor es mayor a la relación de 5.08mm (0.20pulg.) para cada rango de golpes, de darse lo contrario, el ensayo se vuelve a realizar. Si el ensayo de control da un resultado similar, la relación a 5.08mm (0.20pulg.) de penetración, se utilizará.

3.7 MOLDEADO DE PROBETAS PARA ENSAYO A COMPRESION (ASTM D-1632)

El método de ensayo para el moldeado de probetas se sigue el procedimiento de ensayo de compactación de suelos (AASHTO T-180), en este caso la preparación de la muestra se lleva a cabo agregando el contenido de humedad óptimo determinado en ensayo Proctor de suelo natural y para cada porcentaje de mezcla de suelo-NaCl.

Figura 3.32 moldeado de especímenes

Figura 3.17 Curado de especímenes

Se elaboraron probetas para ensayarlas a las edades de 7, 14 y 21 días. Dichas probetas se envolvieron en papel humedecido y se introdujeron en bolsas plásticas para someterlas a su respectivo curado en un cuarto con temperatura controlada hasta el día de ruptura en sus edades correspondientes. El ensayo de ruptura se realizó según norma ASTM 1633 “Ensayo estándar para prueba de compresión de cilindros”.

Figura 3.18 Ruptura de probeta, ensayo a compresión.

CAPÍTULO 4 .

ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS

Después de haber concluido con los ensayos de laboratorio, así como con el procesamiento de datos en el presente capítulo se mostrará los resultados obtenidos en dichos ensayos.

4.1 Determinación del tamaño de las partículas de suelos (ASTM d-422 / AASHTO t-88).

A continuación, se presenta los resultados de los análisis granulométricos de cada PCA, con su correspondiente curva granulométrica.

Tabla 4.2 Resultados de granulometría para PCA 1

RESULTADOS OBTENIDOS.	
Pasa Tamiz No.4:	100.00
Pasa Tamiz No.200:	91.73
Limite Liquido (%):	81.5
Limite Plástico (%):	31.5
Índice De Plasticidad (%):	49.9
Grava (%):	0.00
Arena (%):	6.83
Fino (Limo O Arcilla):	93.17

Gráfico 4.2 Curva granulométrica de arcilla de PCA 1

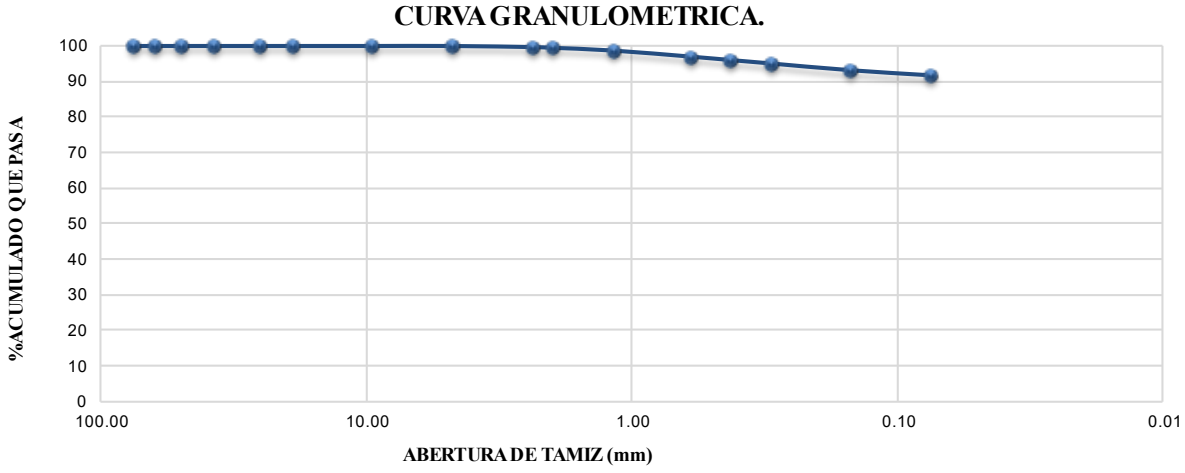
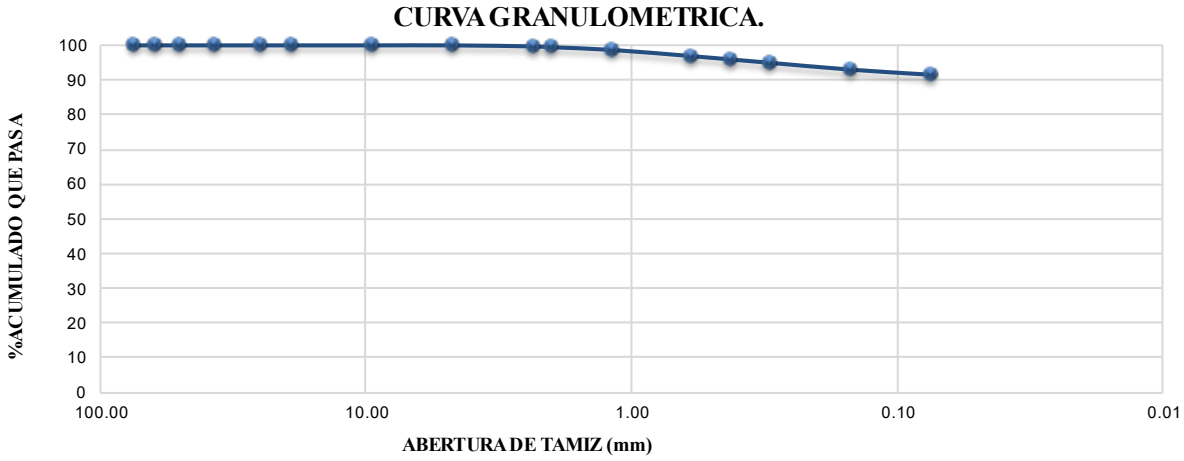


Tabla 4.4Resultados de granulometría para PCA 2

RESULTADOS OBTENIDOS.	
Pasa Tamiz No.4:	100.00
Pasa Tamiz No.200:	91.68
Limite Liquido (%):	80.9
Limite Plástico (%):	31.0
Índice De Plasticidad (%):	49.8
Grava (%):	0.00
Arena (%):	6.87
Fino (Limo O Arcilla):	93.13

Gráfico 4.4 Curva granulométrica de arcilla de PCA 2



4.2 Determinación del límite líquido, limite plástico e índice de plasticidad de suelos

En la tabla N° 4.3 y 4.4 se presentan un cuadro comparativo de los resultados obtenidos en el ensayo de límites de Atterberg específicamente del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

Tabla 4.6. Límites de atterberg PCA 1.

DESCRIPCION		SUELO NATURAL	MEZCLA 5% NACL	MEZCLA 10% NACL	MEZCLA 15% NACL	MEZCLA 20% NACL
LIMITES DE ATTERBERG (%)	Límite Líquido	81.5	71.5	58.2	52.9	51.5
	Limite plástico	31.5	33.3	34.0	27.1	31.3
	Índice de plasticidad	49.9	38.2	24.2	25.8	20.2

Tabla 4.8. Límites de atterberg PCA 2.

DESCRIPCION		SUELO NATURAL	MEZCLA 5% NACL	MEZCLA 10% NACL	MEZCLA 15% NACL	MEZCLA 20% NACL
LIMITES DE ATTERBERG (%)	Limite Liquido	80.9	71.9	58.8	54.3	52.9
	Limite plástico	31.0	33.7	33.8	27.9	30.6
	Índice de plasticidad	49.8	38.3	24.9	26.5	22.2

Tabla 4.5. Límites de Atterberg PCA 1, repetición

DESCRIPCION		SUELO NATURAL	MEZCLA 5% NACL	MEZCLA 10% NACL	MEZCLA 15% NACL	MEZCLA 20% NACL
LIMITES DE ATTERBERG (%)	Limite Liquido	82.2	73.1	57.3	53.4	53.2
	Limite plástico	31.9	33.8	34.6	27.5	30.4
	Índice de plasticidad	50.4	39.3	22.7	25.9	22.8

4.3 Determinación de la relación densidad-humedad de suelo (AASHTO T-180)

En las siguientes tablas se muestran los parámetros de compactación obtenidos:

Tabla 4.6 Densidad seca y Humedad optima, PCA 1.

DESCRIPCION		SUELO NATURAL	MEZCLA 5% NACL	MEZCLA 10% NACL	MEZCLA 15% NACL	MEZCLA 20% NACL
PROCTOR MODIFICADO	Densidad Seca Maxima (kg/m3)	1426	1555	1586	1568	1513
	Humedad Optima (%)	29.1	23.4	21	23	21.1

Tabla 4.7 Densidad seca y Humedad optima, PCA 2.

DESCRIPCION		SUELO NATURAL	MEZCLA 5% NACL	MEZCLA 10% NACL	MEZCLA 15% NACL	MEZCLA 20% NACL
PROCTOR MODIFICADO	Densidad Seca Maxima (kg/m3)	1427	1550	1574	1551	1518
	Humedad Optima (%)	29.5	23.5	21.4	23.1	24.5

Tabla 4.8 Densidad seca y Humedad optima PCA 1, repetición.

DESCRIPCION		SUELO NATURAL	MEZCLA 5% NACL	MEZCLA 10% NACL	MEZCLA 15% NACL	MEZCLA 20% NACL
PROCTOR MODIFICADO	Densidad Seca Maxima (kg/m3)	1422	1565	1580	1541	1514
	Humedad Optima (%)	30.1	24.3	21	23.8	24.1

4.4 Valor soportante relativo (C. B. R.)

Se presentan los resultados de valor soporte relativo (CBR).

Tabla 4.9 Valores de CBR, PCA 1.

DESCRIPCION		SUELO NATURAL	MEZCLA 5% NACL	MEZCLA 10% NACL	MEZCLA 15% NACL	MEZCLA 20% NACL
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	CBR 0.1" (%)	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	CBR 0.2" (%)	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32

Tabla 4.10 Valores de CBR, PCA 2.

DESCRIPCION		SUELO NATURAL	MEZCLA 5% NACL	MEZCLA 10% NACL	MEZCLA 15% NACL	MEZCLA 20% NACL
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	CBR 0.1" (%)	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	CBR 0.2" (%)	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32

Tabla 4.11 Valores de CBR, PCA 1, repetición.

DESCRIPCION		SUELO NATURAL	MEZCLA 5% NACL	MEZCLA 10% NACL	MEZCLA 15% NACL	MEZCLA 20% NACL
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	CBR 0.1" (%)	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	CBR 0.2" (%)	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32

4.5 Resultados de prueba de compresión.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de resistencia a compresión de los especímenes de cada tratamiento a sus respectivas edades.

Tabla 4.12 Resultados de resistencia a compresión de los diferentes tratamientos.

CLORURO DE SODIO	TIEMPO DE FRAGUADO	OBSERVACIONES (KG/CM2)			
		1	2	3	4
0%	7	14.20	13.70	13.10	13.70
	14	10.20	11.80	11.40	12.30
	21	11.10	11.70	12.00	11.50
5%	7	9.60	9.80	10.20	9.90
	14	12.90	10.90	10.40	13.30
	21	5.40	5.90	7.30	6.50
10%	7	6.20	6.90	7.20	6.50
	14	9.90	9.00	8.60	8.40
	21	8.10	6.60	7.90	8.30
15%	7	9.60	10.30	9.00	9.70
	14	7.00	7.60	7.40	6.80
	21	8.30	8.20	7.70	6.60
20%	7	6.00	8.50	7.50	7.30
	14	7.00	7.30	7.10	7.00
	21	4.00	4.20	3.60	3.30

4.6 Análisis estadístico

A continuación, se muestran los resultados de análisis de varianza (ANOVA) correspondiente al ensayo de resistencia a compresión:

Tabla 4.13 Análisis de varianza (ANOVA) de un factor, perteneciente al diseño completamente al azar en arreglo factorial 4x3 con igual número de observaciones.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	228.68	4	57.17	29.52	0.00
Error Experimental	106.51	55	1.94		
Total	335.19	59			

- Datos obtenidos en programa SPSS

Fuente: Grupo de tesis

Tabla 4.14 Resistencia promedio, perteneciente al diseño completamente al azar en arreglo factorial 4x3 con igual número de observaciones.

Cloruro de sodio (NaCl)	Resistencia a compresión (kg/cm2)	Desviación típica (Sx)
0	12.19	0.78
5	8.82	2.17
10	7.85	0.73
15	8.41	1.10
20	6.24	1.62
Total	8.70	2.38

Tabla 4.15 Resistencia promedio, perteneciente al diseño completamente al azar en arreglo factorial 4x3 con igual número de observaciones.

Edad (Días)	Tratamientos	Edad (Días)	Resistencia a compresión (kg/cm2)	Desviación típica (S)
7	0	7	13.22	0.10
	5	7	9.88	0.25
	10	7	6.98	0.15
	15	7	9.80	0.22
	20	7	7.55	0.21
	Total		9.48	2.27
14	0	14	11.62	0.21
	5	14	10.65	0.21
	10	14	8.65	0.25
	15	14	7.30	0.26
	20	14	7.10	0.14
	Total		9.06	1.86
21	0	14	11.72	0.13
	5	14	5.92	0.17
	10	14	7.92	0.10
	15	14	8.12	0.15
	20	14	4.08	0.10
	Total		7.56	2.62

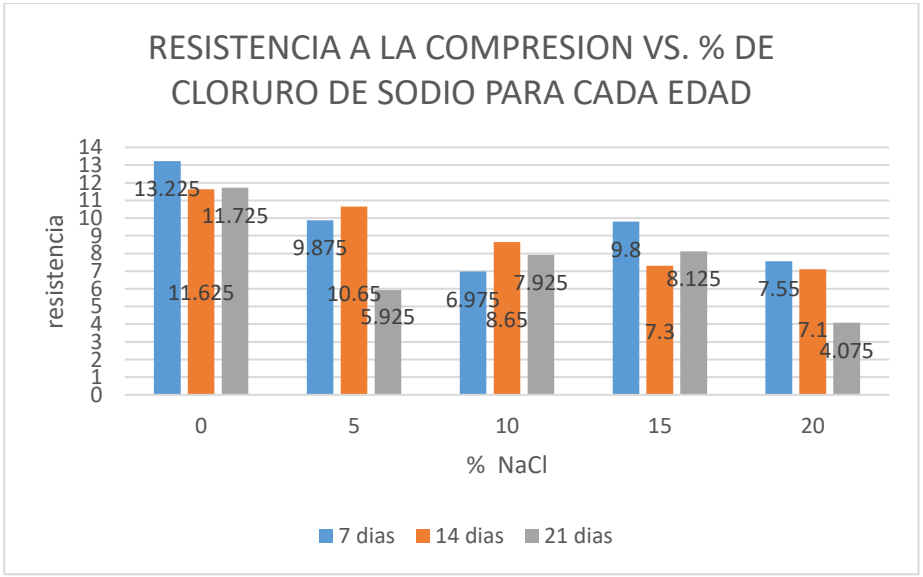


Gráfico 4.6 Grafico resistencia a la compresión vs. % de NaCl para cada edad

Prueba de Duncan

En el análisis de varianza se obtuvo una significancia estadística menor a 0.05 lo cual indica que hay al menos un tratamiento estadísticamente diferente, por lo tanto, se realiza la prueba de Duncan para conocer el mejor de los tratamientos.

Tabla 4.16 Análisis de prueba de Duncan

Cloruro de sodio (%)	N	Subconjunto 1	2	3
20	12	6.24 (c)		
10	12		7.85 (b)	
15	12		8.41 (b)	
5	12		8.82 (b)	
0	12			12.19 (a)
Sig.		1.00	0.11	1.00

*El tratamiento con 0% de NaCl es con el que se alcanza una mayor resistencia a la compresión en comparación con los demás tratamientos analizados.

** letras diferentes indican que existen diferencias estadísticas significativas ($\mathbf{P \leq 0.05}$).

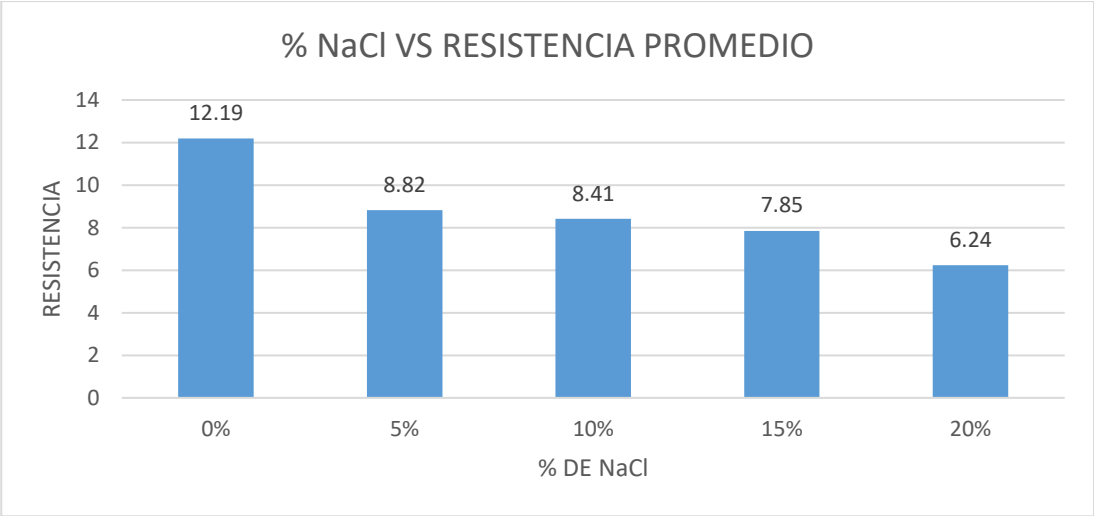


Gráfico 4.8 Grafico resistencia promedio a la compresión vs. % de NaCl para cada edad

Tabla 4.17 Análisis de varianza (ANOVA) de un factor

Fuentes de variación		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación
Densidad seca (kg/m3)	Tratamientos	44776.667	4	11194.167	189.946	0.000
	Error experimental	589.333	10	58.933		
	Total	45366.000	14			
Humedad (%)	Tratamientos	127.733	4	31.933	39.917	0.000
	Error experimental	8.000	10	0.800		
	Total	135.733	14			

- Datos obtenidos en programa SPSS

Fuente: Grupo de tesis

Tabla 4.18 Densidad seca promedio perteneciente a análisis de varianza de un factor

Cloruro de sodio (NaCl) (%)	N	Densidad seca (kg/m3)	Desviación típica (S)
0	3	1425.00	2.65
5	3	1556.67	7.64
10	3	1580.00	6.00
15	3	1553.33	13.65
20	3	1515.00	2.65
Total	15	1526.00	56.92

Tabla 4.19 Humedad promedio perteneciente a análisis de varianza de un factor

Cloruro de sodio (NaCl) (%)	N	Humedad (%)	Desviación típica (S)
0	3	29.67	0.58
5	3	23.67	0.58
10	3	21.00	0.00
15	3	23.33	0.58
20	3	23.00	1.73
Total	15	24.13	3.11

Tabla 4.20 Análisis de prueba de Duncan para resultados de Densidad seca

Densidad seca (kg/m3)					
Cloruro de sodio (%)	**N**	**Subconjunto**			
		1	**2**	**3**	**4**
0	3	1425.00 d			
20	3		1515.00 c		
15	3			1553.33 b	
5	3			1556.67 b	
10	3				1580.00 a
Sig.		1.000	1.000	0.606	1.000

*El tratamiento con 10% de NaCl es con el que se alcanza un mayor Peso Volumétrico Seco (Densidad seca) en comparación con los demás tratamientos analizados.

** Letras diferentes indican que existen diferencias estadísticas significativas ($\mathbf{P \leq 0.05}$).

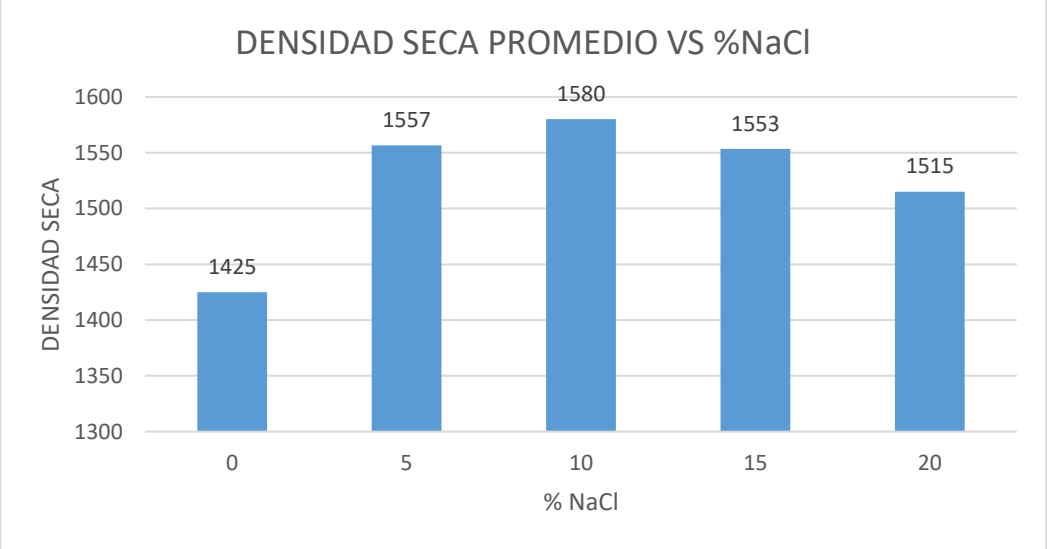


Gráfico 4.10 Gráfico resistencia seca promedio versus % de NaCl

Tabla 4.21 Análisis de prueba de Duncan para resultados de Humedad

Humedad

Cloruro de sodio (%)	N	Subconjunto 1	Subconjunto 2	Subconjunto 3
10	3	21.00 a		
20	3		23.00 b	
15	3		23.33 b	
5	3		23.67 b	
0	3			29.67 c
Sig.		1.000	0.404	1.000

*El tratamiento con 10% de NaCl es con el que se logra obtener una humedad óptima menor en comparación con los demás tratamientos analizados.

** Letras diferentes indican que existen diferencias estadísticas significativas ($\mathbf{P \leq 0.05}$).

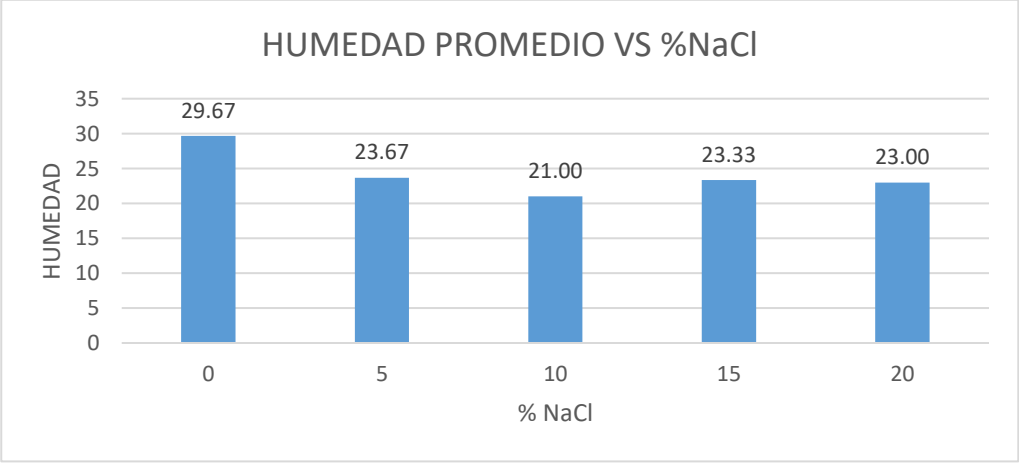


Gráfico 4.12 Grafico humedad promedio vs. % de NaCl

LIMITES DE ATTERBERG

Tabla 4.22 Análisis de varianza (ANOVA) de un factor

Fuentes de variación		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación
Limite liquido	Tratamientos	1976.933	4	494.233	1059.071	0.00
	Error experimental	4.667	0	0.467		
	Total	1981.600	14			
Limite Plástico	Tratamientos	84.267		21.067	63.200	0.00
	Error experimental	3.333	0	0.333		
	Total	87.600	4			
Índice de Plasticidad	Tratamientos	1712.667		428.167	583.864	0.00
	Error experimental	7.333	0	0.733		
	Total	1720.000	14			

- Datos obtenidos en programa SPSS

Fuente: Grupo de tesis

Tabla 4.23 Limite liquido promedio perteneciente a análisis de varianza de un factor

CLORURO DE SODIO (NACL) (%)	N	LIMITE LIQUIDO	DESVIACIÓN TÍPICA
0	3	81.67	0.58
5	3	72.33	0.58
10	3	58.00	1.00
15	3	53.33	0.58
20	3	52.67	0.58
TOTAL	15	63.60	11.90

Tabla 4.24 Limite plástico promedio perteneciente a análisis de varianza de un factor

CLORURO DE SODIO (NACL) (%)	N	LÍMITE PLÁSTICO	DESVIACIÓN TÍPICA
0	3	31.67	0.58
5	3	33.67	0.58
10	3	34.33	0.58
15	3	27.67	0.58
20	3	30.67	0.58
TOTAL	15	31.60	2.50

Tabla 4.25 Índice de plasticidad promedio perteneciente a análisis de varianza de un factor

CLORURO DE SODIO (NACL) (%)	N	ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD	DESVIACIÓN TÍPICA
0	3	50.00	0.00
5	3	38.33	0.58
10	3	24.00	1.00
15	3	26.00	0.00
20	3	21.67	1.53
TOTAL	15	32.00	11.08

Tabla 4.26 Análisis de prueba de Duncan para resultados de limite liquido

LIMITE LIQUIDO					
CLORURO DE SODIO (NACL) (%)	**N**	**Subconjunto**			
		1	**2**	**3**	**4**
20	3	52.67 a			
15	3	53.33 a			
10	3		58.00 b		
5	3			72.33 c	
0	3				81.67 d
SIG.		0.260	1.000	1.000	1.000

*El tratamiento con 15 y 20% de NaCl es con el que se logra obtener un límite liquido menor en comparación con los demás tratamientos analizados.

** Letras diferentes indican que existen diferencias estadísticas significativas ($\mathbf{P \leq 0.05}$).

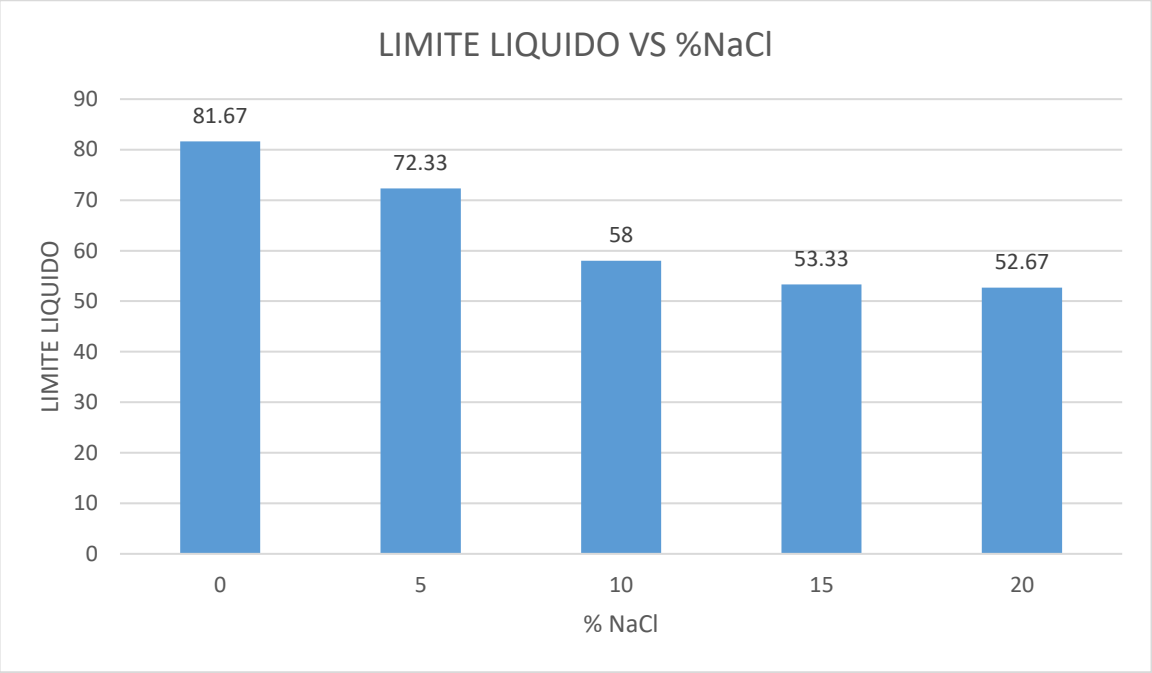


Gráfico 4.14 Grafico limites líquidos vs. % de NaCl

Tabla 4.27 Análisis de prueba de Duncan para resultados de limite plástico

LIMITE PLÁSTICO

CLORURO DE SODIO (NACL) (%)	N	Subconjunto		
		1	2	3
15	3	27.67 a		
20	3		30.67 b	
0	3		31.67 b	
5	3			33.67 c
10	3			34.33 c
SIG.		1.000	0.060	0.188

*El tratamiento con 15% de NaCl es con el que se logra obtener un límite plástico menor en comparación con los demás tratamientos analizados.

** Letras diferentes indican que existen diferencias estadísticas significativas ($\mathbf{P \leq 0.05}$).

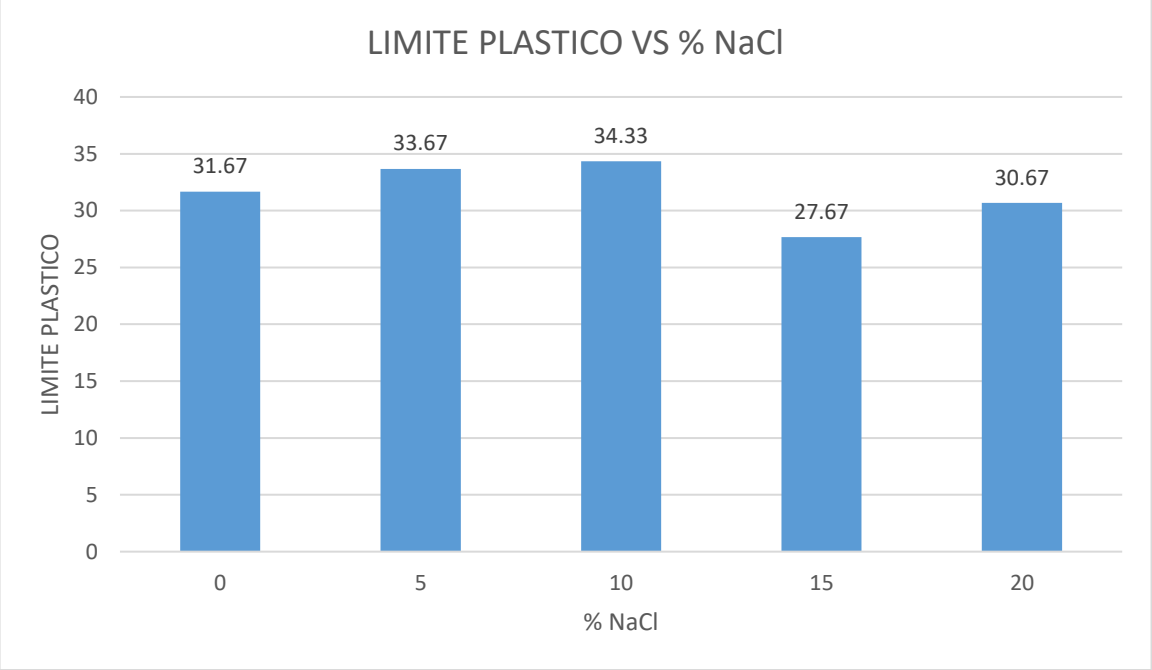


Gráfico 4.16 Grafico limites plástico vs. % de NaCl

Tabla 4.28 Análisis de prueba de Duncan para resultados de Índice de plasticidad

ÍNDICE DE PLASTICIDAD

CLORURO DE SODIO (NACL) (%)	N	Subconjunto				
		1	2	3	4	5
20	3	21.67 a				
10	3		24.00 b			
15	3			26.00 c		
5	3				38.33 d	
0	3					50.00 e
SIG.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

*El tratamiento con 20% de NaCl es con el que se logra obtener un índice de plasticidad menor en comparación con los demás tratamientos analizados.

** Letras diferentes indican que existen diferencias estadísticas significativas ($\mathbf{P} \leq \mathbf{0.05}$).

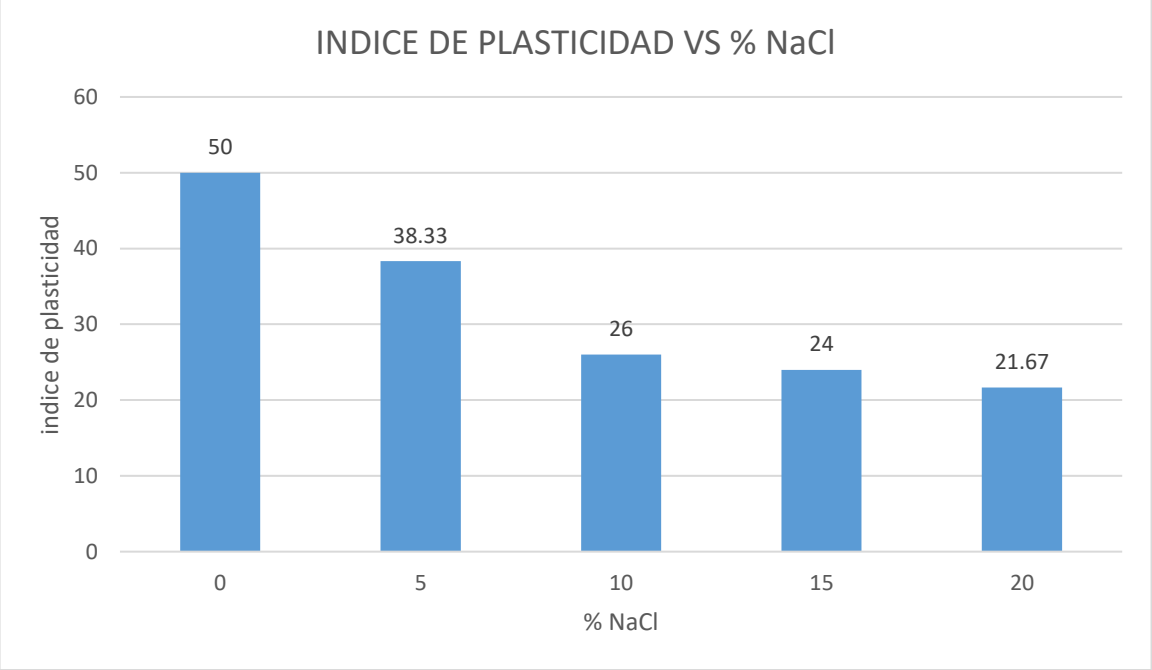


Gráfico 4.18 Grafico índice de plasticidad vs. % de NaCl

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se determinó la variación de índice de plasticidad el cual fue reduciendo al adicionar mayores dosificaciones de cloruro de sodio. Obteniéndose los siguientes resultados: índice de plasticidad para la muestra de suelo natural de 50%, un índice de plasticidad de 38.33% agregado 5% NaCl, incrementando a 10% de NaCl se obtuvo una plasticidad de 26%, para un 15% de NaCl, se obtuvo una plasticidad de 24% y para un 20% de NaCl se obtuvo un índice de plasticidad de 21.67%, representando una reducción máxima con una variación del 56.7% la mezcla con 20% de NaCl comparado con la muestra de suelo natural.
- Se logró determinar los parámetros de compactación obteniéndose una densidad seca de 1425 kg/m3 con una humedad óptima de 29.67% para el suelo natural, una densidad seca de 1556.67 kg/m3 con una humedad de 23.67% para una adición de 5% de NaCl, un incremento de 1580 kg/m3 con una humedad de 21.0% para una adición de 10% de NaCl, luego se obtuvo una disminución progresiva de 1553.33 kg/m3 con 23.33% de humedad y 1515 kg/m3 con humedad de 23.0% para la adición de 15% y 20% de NaCl respectivamente. Con base en los resultados obtenidos se deduce que el mejor resultado se obtiene al agregar 10% de NaCl, ya que con esta dosificación se logra el máximo peso volumétrico y la mayor reducción de la humedad óptima.
- Se avaluó la resistencia a compresión, la cual fue disminuyendo con el aumento de las dosificaciones de NaCl. Obteniendo los resultados siguientes: una resistencia de 12.19 kg/cm2 para la muestra de suelo natural, 8.82 kg/cm2 para una dosificación de 5% de NaCl, 8.41 kg/cm2 para una adición de 15% de NaCl, 7.85 kg/cm2 al agregar 10% de NaCl y 6.24 kg/cm2 para la dosificación de 20%. Por lo tanto, se

concluye que la resistencia a compresión no presenta mejoras al adicionar cloruro de sodio.

- En cuanto a la capacidad de soporte relativo (CBR) no se obtuvieron cambios al adicionar NaCl, ya que se obtuvo un CBR de 0.21% para una penetración de 0.1” y 0.32% para una penetración de 0.2” tanto para el suelo natural como para las diferentes dosificaciones.
- La adición de cloruro de sodio no mejora el CBR ni la resistencia a compresión del suelo estudiado, pero si proporciona mejoras en parámetros tales como: el índice de plasticidad, peso volumétrico seco y contenido de humedad óptimo.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda dar continuidad a esta investigación en cuanto a las características fisicoquímicas de la arcilla y las características de esfuerzo-deformación al adicionar cloruro de sodio.
- Se recomienda investigar el comportamiento de un suelo arcilloso adicionando porcentajes mayores a 20% de cloruro de sodio.
- Con base en los resultados de densidad seca se recomienda dar continuidad a esta investigación adicionando dosificaciones cercanas al 10% de cloruro de sodio en el intervalo de 5% a 15% para determinar si existe una dosificación que supere los resultados del presente trabajo.
- Se recomienda realizar una investigación sobre las propiedades de las arcillas presentes en las diferentes zonas del departamento de San Miguel para determinar en que lugares es aplicable esta investigación.
- Investigar el comportamiento de un suelo arcilloso utilizando otros materiales como estabilizante como cloruro de calcio y cloruro de potasio, así como en combinación con cloruro de sodio.
- Investigar el comportamiento de otros tipos de suelos utilizando cloruro de sodio como aditivo estabilizante.

BIBLIOGRAFÍA

Chávez, Elmer Carajulca, Perú 2018. ***Influencia del aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de la carretera tramo cruce el porongo – aeropuerto – Cajamarca***.

Diaz Chacón, Greisi Meliza. Cajamarca, Perú 2018. ***Mejoramiento del CBR de un suelo arcilloso con cloruro de sodio.***

Hernández L., Josué A., Mejía, David R., Zelaya, César. ***Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad De El Salvador***

Ing. Heber Manrique Hueso, "***Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en el salvador***", Trabajo de graduación, Universidad de El Salvador (UES), El salvador, febrero 2009.

Ing. Sandra Lisseth García Trejo, ***propuesta de un manual de laboratorio de mecánica de suelos conforme a la norma astm 2003***, Trabajo de graduación, Universidad de El Salvador (UES), El salvador, diciembre 2006.

Palomino Saldaña, Yelsin Edilberto. Cajamarca 2016. ***Influencia de la adición del cloruro de sodio en el índice California Bearing Ratio (CBR) de un suelo arcilloso***.

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

René A. Garay D. Miguel E. Mena G. ***Clasificación de Arcillas presentes en los bancos de Guatajiagua, departamento de Morazán, y Facultad Multidisciplinaria Oriental***. 2007.

Roldán de Paz, J. (2010). ***Estabilización de suelos con cloruro de sodio para bases y sub bases.*** Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

ANEXOS

Anexo 1. Hoja de cálculo de granulometría de PCA 1

DETERMINACION DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS DE SUELOS (ASTM D-422 / AASHTO T-88)

INFORMACION GENERAL.

Solicitante: UES
Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante.

Procedencia: UES-FMO
PCA No.: 1 **Muestra No.:** 1 **Profundidad (Desde - Hasta)(m):** 0.00-1.00 m
Fecha de Muestreo : 15-febrero-2019 **Fecha de Ensayo :** 22-febrero-2019

DETERMINACION DE % RETENIDO DE MATERIAL EN MALLA No.10.

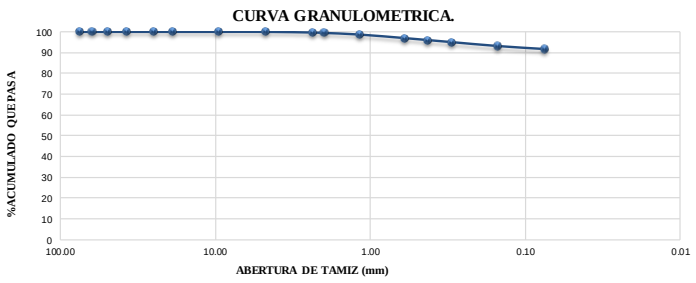
Masa total Inicial de suelo (Condicion seca) (g): **451.92**
Masa de suelo total que retenido en Malla No.10 (Condicion seca) (g): **2.40**
Masa de suelo total que pasa en Malla No.10 (Condicion seca) (g): **449.52**

Designacion de Tamiz.	Diametro de Abertura (mm).	Retenido Parcial (g).	% Retenido Parcial.	% Retenido Acumulado.	% Acumlado Que Pasa.
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	62.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
No. 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
No. 8	2.36	1.40	0.31	0.31	99.69
No. 10	2.00	0.90	0.20	0.51	99.49
Fondo		449.62	99.49	100.00	0.00
	SUMA	**451.92**			

DETERMINACION DE % QUE PASA DE MATERIAL EN MALLA No.10.

Masa inicial de suelo que pasa Malla No.10 (Antes de Lavado)(Condicion Seca) (g): **103.89**
Masa de suelo total que pasa Malla No.200 (Condicion Seca) (g): **95.79**

Designacion de Tamiz.	Diametro de Abertura (mm).	Retenido Parcial (g).	% Retenido Parcial.	% Retenido Acumulado.	% Acumlado Que Pasa.	Acumulado Que Pasa referido a Muestra Total (%).
No. 16	1.180	0.80	0.77	0.77	99.23	98.72
No. 30	0.600	1.80	1.73	2.50	97.50	97.00
No. 40	0.425	1.00	0.96	3.47	96.53	96.04
No. 50	0.300	1.00	0.96	4.43	95.57	95.09
No. 100	0.150	2.00	1.93	6.35	93.65	93.17
No. 200	0.075	1.50	1.44	7.80	92.20	91.73
Fondo		95.79	92.20	100.00	0.00	0.00
	SUMA	**103.89**				



RESULTADOS OBTENIDOS.	
Pasa Tamiz No.4:	**100.00**
Pasa Tamiz No.200:	**91.73**
D 60:	
D 30:	
D 10 (Diametro Efectivo):	
Coeficiente de uniformidad:	
Grado de curvatura:	
Limite Liquido (%):	**81.5**
Limite Plastico (%):	**31.5**
Indice de Plasticidad (%):	**49.9**
Grava (%):	**0.00**
Arena (%):	**6.83**
Fino (limo o arcilla):	**93.17**

SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S / AASHTO).

Suelo de partículas finas.
Descripcion: Limo-arcilloso inorganico de media plasticidad con arena, color café oscuro, suelo de consistencia semi-compacta con 0.09% de Grava de particulas semi-duras, 29.30% de Arena Media de particulas redondeadas y un 70.61% de finos.

SUCS: ch
AASHTO: A-7-5 Suelo arcilloso
Indice de Grupo: 54
Evaluacion: Malo a regular

Anexo 2. Hoja de cálculo de granulometría de PCA 2

DETERMINACION DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS DE SUELOS (ASTM D-422 / AASHTO T-88)

INFORMACION GENERAL.

Solicitante: UES
Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante.

Procedencia: UES-FMO
PCA No.: 2 **Muestra No.:** 1 **Profundidad (Desde - Hasta)(m):** 0.00-1.00 m
Fecha de Muestreo : 15-febrero-2019 **Fecha de Ensayo :** 22-febrero-2019

DETERMINACION DE % RETENIDO DE MATERIAL EN MALLA No.10.

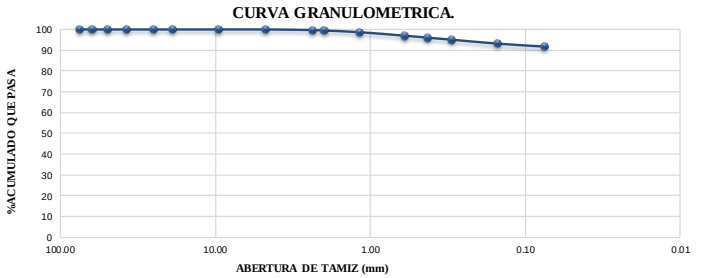
Masa total Inicial de suelo (Condicion seca) (g): **452.05**
Masa de suelo total que retenido en Malla No.10 (Condicion seca) (g): **2.50**
Masa de suelo total que pasa en Malla No.10 (Condicion seca) (g): **449.55**

Designacion de Tamiz.	Diametro de Abertura (mm).	Retenido Parcial (g).	% Retenido Parcial.	% Retenido Acumulado.	% Acumlado Que Pasa.
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	62.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
No. 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
No. 8	2.36	1.30	0.29	0.29	99.71
No. 10	2.00	1.10	0.24	0.53	99.47
Fondo		449.65	99.47	100.00	0.00
	SUMA	**452.05**			

DETERMINACION DE % QUE PASA DE MATERIAL EN MALLA No.10.

Masa inicial de suelo que pasa Malla No.10 (Antes de Lavado)(Condicion Seca) (g): **103.50**
Masa de suelo total que pasa Malla No.200 (Condicion Seca) (g): **95.40**

Designacion de Tamiz.	Diametro de Abertura (mm).	Retenido Parcial (g).	% Retenido Parcial.	% Retenido Acumulado.	% Acumlado Que Pasa.	Acumulado Que Pasa referido a Muestra Total (%).
No. 16	1.180	0.80	0.77	0.77	99.23	98.70
No. 30	0.600	1.80	1.74	2.51	97.49	96.97
No. 40	0.425	1.00	0.97	3.48	96.52	96.01
No. 50	0.300	1.00	0.97	4.44	95.56	95.05
No. 100	0.150	2.00	1.93	6.38	93.62	93.13
No. 200	0.075	1.50	1.45	7.83	92.17	91.68
Fondo		95.40	92.17	100.00	0.00	0.00
	SUMA	**103.50**				



RESULTADOS OBTENIDOS.	
Pasa Tamiz No.4:	**100.00**
Pasa Tamiz No.200:	**91.68**
D 60:	
D 30:	
D 10 (Diametro Efectivo):	
Coeficiente de uniformidad:	
Grado de curvatura:	
Limite Liquido (%):	**80.9**
Limite Plastico (%):	**31.0**
Indice de Plasticidad (%):	**49.8**
Grava (%):	**0.00**
Arena (%):	**6.87**
Fino (limo o arcilla):	**93.13**

SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S / AASHTO).

Suelo de partículas finas.
Descripcion: Limo-arcilloso inorganico de media plasticidad con arena, color café oscuro, suelo de consistencia semi-compacta con 0.09% de Grava de particulas semi-duras, 29.30% de Arena Media de particulas redondeadas y un 70.61% de finos.

SUCS: ch
AASHTO: A-7-5 Suelo arcilloso
Indice de Grupo: 53
Evaluacion: Malo a regular

Anexo 3. Límite de atterberg para el suelo natural.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO (ASTM D-4318 / AASHTO T-89, T-90)

INFORMACION GENERAL.

Solicitante: UES

Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante.

0% de NaCl

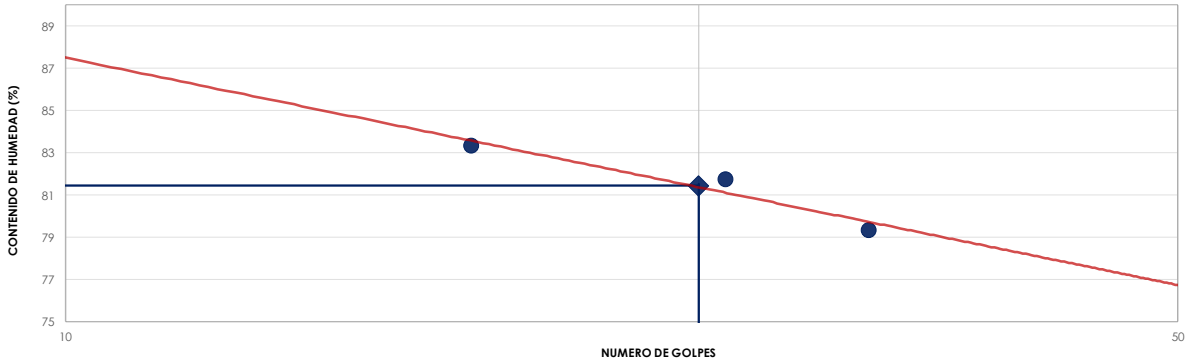
Procedencia: UES FMO

Sondeo No.: 1 **Muestra No.:** 1 **Profundidad (Desde - Hasta)(m):** 0.00m - 1.00m

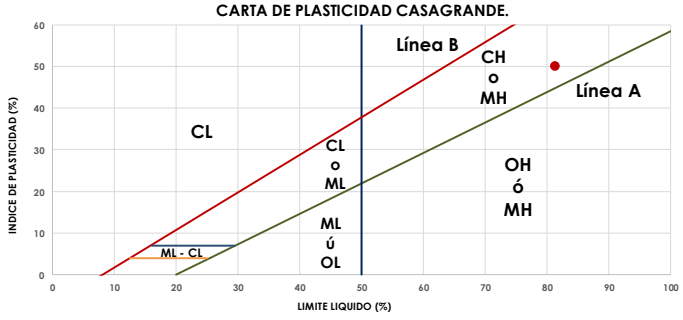
Fecha de Muestreo: 15 de febrero 2019 **Fecha de Ensayo:**

DESCRIPCION.	LIMITE LIQUIDO.			LIMITE PLASTICO.			RESULTADOS OBTENIDOS:	
Ensayo No.:	1	2	3	1	2	3	Limite Liquido (%):	81.5
Numero de golpes:	18	26	32				Limite Plastico (%):	31.5
Masa de Suelo hum. + tara (g):	32.00	32.70	29.90	23.00	22.60	24.20	Indice de Plasticidad:	49.9
Masa de Suelo seco + tara (g):	24.00	24.20	23.00	20.90	20.60	21.60	METODO DE ENSAYO:	
Masa de tara (g):	14.40	13.80	14.30	14.10	14.20	13.60	Multiples Puntos "A"	
Masa de Suelo seco (g):	9.60	10.40	8.70	6.80	6.40	8.00		
Contenido de humedad (%):	83.33	81.73	79.31	30.88	31.25	32.50		

CURVA DE FLUIDEZ



CARTA DE PLASTICIDAD CASAGRANDE.



CARACTERISTICAS DE MATERIAL:

Color: café oscuro

Forma de Grano: Redonda

Resistencia en Estado Seco: Alta a muy alta

Dilatancia: Nula

Tenacidad: Alta

Plasticidad: Alta

Descripcion:

Arcillas inorgánicas de alta plasticidad

Nomenclatura SUCS: CH

Anexo 4. Límite de atterberg para el suelo natural primera repeticion.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO (ASTM D-4318 / AASHTO T-89, T-90)

INFORMACION GENERAL.

Solicitante: UES

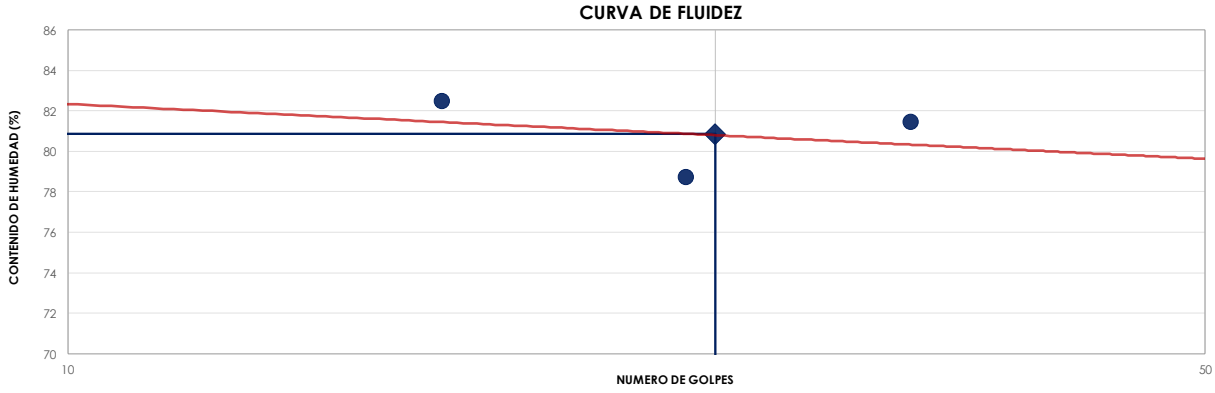
Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante.
0% de NaCl

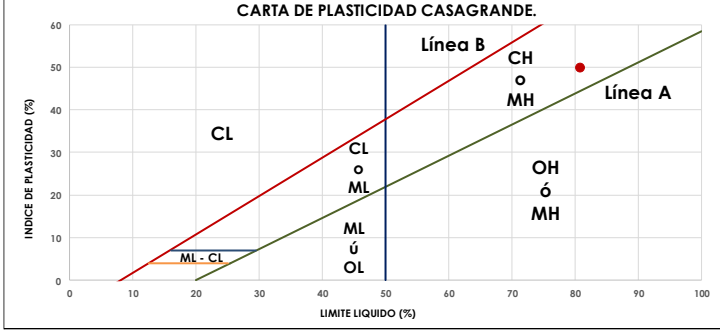
Procedencia: UES FMO

Sondeo No.: 2 **Muestra No.:** 1 **Profundidad (Desde - Hasta)(m):** 0.50m - 1.00m

Fecha de Muestreo: 15 de febrero 2019 **Fecha de Ensayo:** 24-febrero-2019

DESCRIPCION.	LIMITE LIQUIDO.			LIMITE PLASTICO.			RESULTADOS OBTENIDOS:	
Ensayo No.:	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**Limite Liquido (%):**	80.9
Numero de golpes:	17	24	33				**Limite Plastico (%):**	31.0
Masa de Suelo hum. + tara (g):	32.10	31.10	31.90	24.60	24.50	24.70	**Indice de Plasticidad:**	49.8
Masa de Suelo seco + tara (g):	24.10	23.70	24.00	22.30	21.90	22.10	**METODO DE ENSAYO:**	
Masa de tara (g):	14.40	14.30	14.30	14.10	14.20	13.80	Multiples Puntos "A"	
Masa de Suelo seco (g):	9.70	9.40	9.70	8.20	7.70	8.30		
Contenido de humedad (%):	**82.47**	**78.72**	**81.44**	**28.05**	**33.77**	**31.33**		





CARACTERISTICAS DE MATERIAL:

Color: café oscuro

Forma de Grano: Redonda

Resistencia en Estado Seco: Alta a muy alta

Dilatancia: Nula

Tenacidad: Alta

Plasticidad: Alta

Descripcion:

Arcillas inorgánicas de alta plasticidad

Nomenclatura SUCS: CH

Anexo 5. Límite de atterberg para el suelo natural segunda repeticion.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO (ASTM D-4318 / AASHTO T-89, T-90)

INFORMACION GENERAL.

Solicitante: UES

Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante.
0% de NaCl

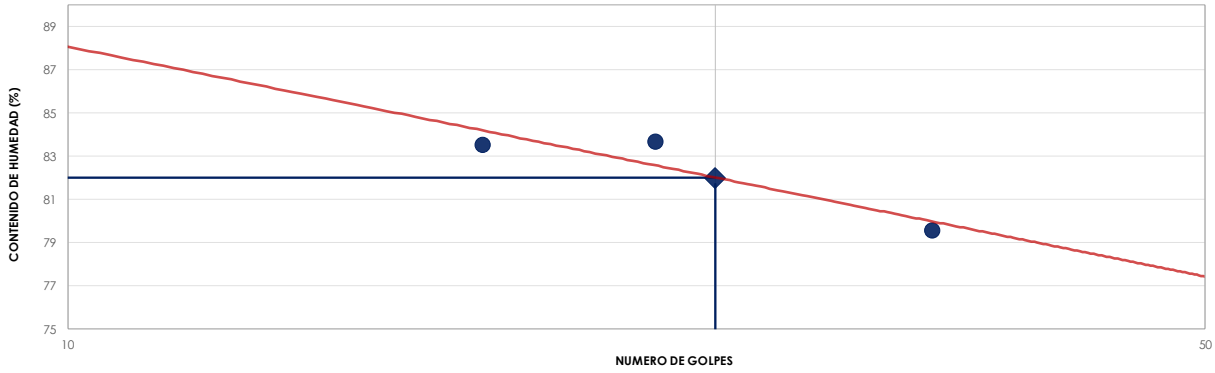
Procedencia: UES FMO

Sondeo No.: 2 **Muestra No.:** 2 **Profundidad (Desde - Hasta)(m):** 0.00m - 1.00m

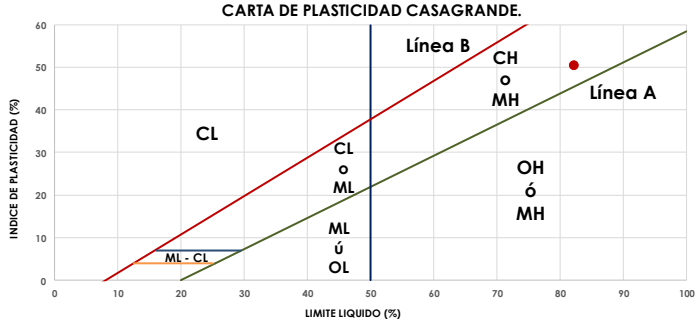
Fecha de Muestreo: 15 de febrero 2019 **Fecha de Ensayo:**

DESCRIPCION.	LIMITE LIQUIDO.			LIMITE PLASTICO.			RESULTADOS OBTENIDOS:	
Ensayo No.:	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**Limite Liquido (%):**	82.2
Numero de golpes:	18	23	34				**Limite Plastico (%):**	31.9
Masa de Suelo hum. + tara (g):	32.30	32.70	30.10	22.80	22.50	24.30	**Indice de Plasticidad:**	50.4
Masa de Suelo seco + tara (g):	24.20	24.00	23.10	20.70	20.50	21.80	**METODO DE ENSAYO:**	
Masa de tara (g):	14.50	13.60	14.30	14.10	14.20	14.00	Multiples Puntos "A"	
Masa de Suelo seco (g):	9.70	10.40	8.80	6.60	6.30	7.80		
Contenido de humedad (%):	**83.51**	**83.65**	**79.55**	**31.82**	**31.75**	**32.05**		

CURVA DE FLUIDEZ



CARTA DE PLASTICIDAD CASAGRANDE.



CARACTERISTICAS DE MATERIAL:

Color: café oscuro

Forma de Grano: Redonda

Resistencia en Estado Seco: Alta a muy alta

Dilatancia: Nula

Tenacidad: Alta

Plasticidad: Alta

Descripcion:

Arcillas inorgánicas de alta plasticidad

Nomenclatura SUCS: CH

Anexo 6. Límite de atterberg para mezcla de suelo con 5% de NaCl.

DETERMINAC+B2:M56ION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO (ASTM D-4318 / AASHTO T-89, T-90)

INFORMACION GENERAL.

Solicitante: UES FMO

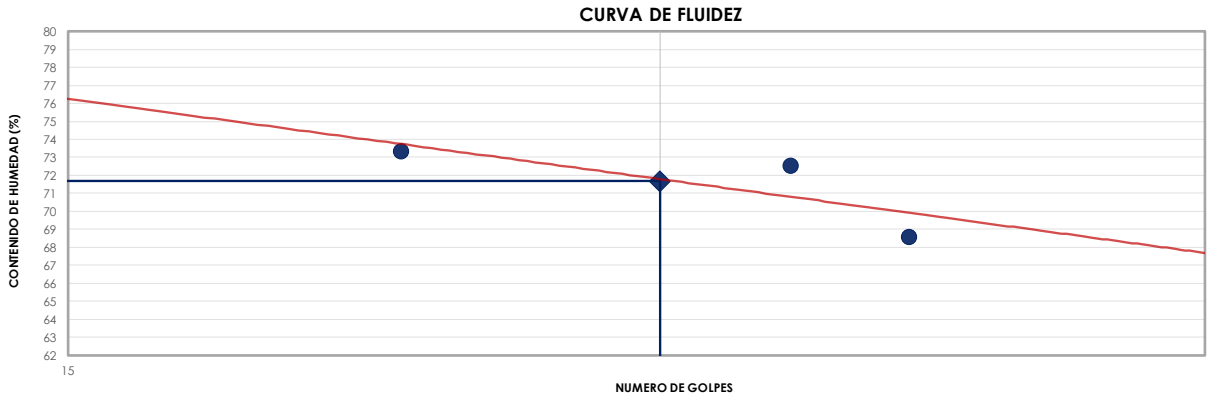
Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante. 5% de NaCl

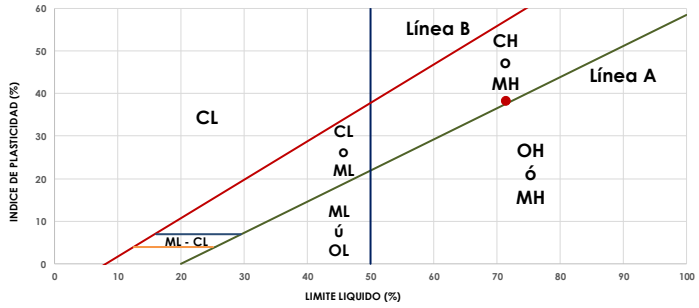
Procedencia: UES FMO

Sondeo No.: 1 **Muestra No.:** 1 **Profundidad (Desde - Hasta)(m):** 0.50m -- 1.00m

Fecha de Muestreo: 15-febrero-2019 **Fecha de Ensayo:**

DESCRIPCION.	LIMITE LIQUIDO.			LIMITE PLASTICO.			RESULTADOS OBTENIDOS:	
Ensayo No.:	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**Limite Liquido (%):**	71.5
Numero de golpes:	20	28	31				**Limite Plastico (%):**	33.3
Masa de Suelo hum. + tara (g):	32.10	31.50	31.40	23.10	23.00	25.00	**Indice de Plasticidad:**	38.2
Masa de Suelo seco + tara (g):	24.40	24.10	24.20	20.80	20.70	22.40	**METODO DE ENSAYO:**	
Masa de tara (g):	13.90	13.90	13.70	13.90	14.00	14.30	Multiples Puntos "A"	
Masa de Suelo seco (g):	10.50	10.20	10.50	6.90	6.70	8.10		
Contenido de humedad (%):	**73.33**	**72.55**	**68.57**	**33.33**	**34.33**	**32.10**		





CARACTERISTICAS DE MATERIAL:

Color: café oscuro

Forma de Grano: Redonda

Resistencia en Estado Seco: Alta a muy alta

Dilatancia: Nula

Tenacidad: Alta

Plasticidad: Media

Descripcion:

Arcillas inorgánicas de alta plasticidad

Nomenclatura SUCS: CH

OBSERVACIONES.

Elaborado por:

Tec. Oscar Rene Chica
Técnico de Laboratorio

Revisado por:

Ing. Roman Zavala Flores
Gerente Tecnico

Anexo 7. Límite de atterberg para mezcla de suelo con 5% de NaCl primera repetición.

DETERMINACION DEL LIM+B6:M50ITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO (ASTM D-4318 / AASHTO T-89, T-90)

INFORMACION GENERAL.

Solicitante: UES FMO

Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante.

5% DE NaCl

UES FMO

Procedencia: 2 **Muestra No.:** 1 **Profundidad (Desde - Hasta)(m):** 0.50m -- 1.00m

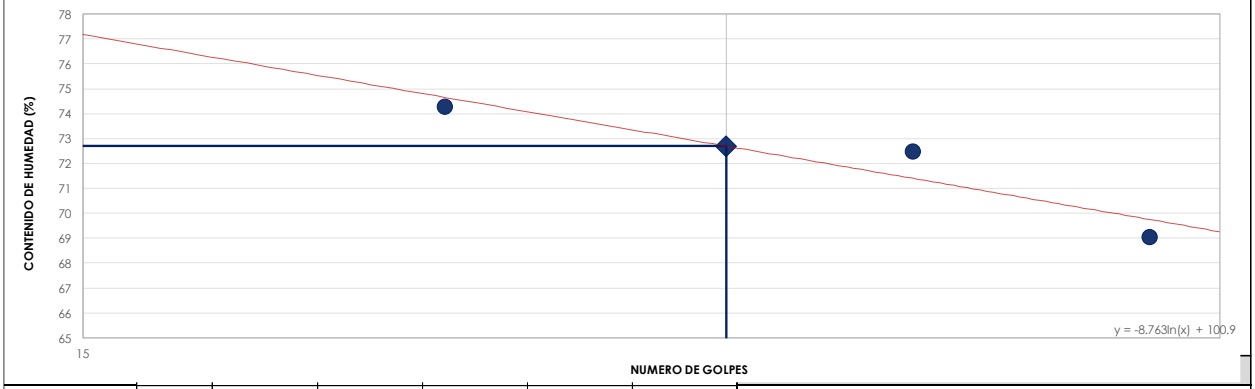
Sondeo No.: 15-febrero-2019 **Fecha de Ensayo:** 25-febrero-2019

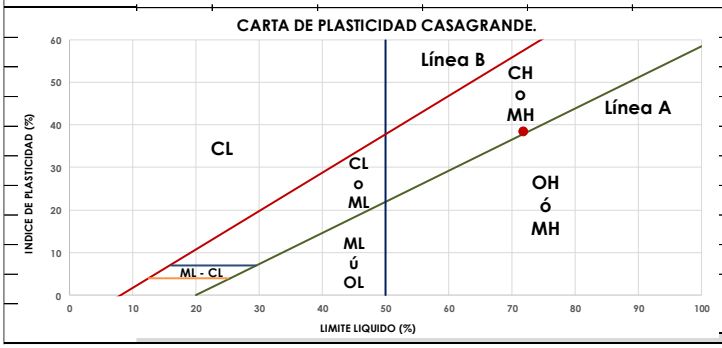
Fecha de Muestreo:

	LIMITE LIQUIDO.			LIMITE PLASTICO.			RESULTADOS OBTENIDOS:	
DESCRIPCION.	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**Limite Liquido (%):**	71.9
Ensayo No.:	20	29	35				**Limite Plastico (%):**	33.7
Numero de golpes:	32.50	32.60	33.20	25.10	24.20	25.00	**Indice de Plasticidad:**	38.3
Masa de Suelo hum. + tara (g):	24.70	24.70	25.40	22.40	21.60	22.40	**METODO DE ENSAYO:**	
Masa de Suelo seco + tara (g):	14.20	13.80	14.10	14.30	14.20	14.40	Multiples Puntos "A"	
Masa de tara (g):	10.50	10.90	11.30	8.10	7.40	8.00		
Masa de Suelo seco (g):	**74.29**	**72.48**	**69.03**	**33.33**	**35.14**	**32.50**		

Contenido de humedad (%):

CURVA DE FLUIDEZ





Color: café oscuro

Forma de Grano: Redonda

Resistencia en Estado Seco: Alta a muy alta

Dilatancia: Nula

Tenacidad: Alta

Plasticidad: Media

Descripcion:

Arcillas inorgánicas de alta plasticidad

Nomenclatura SUCS: CH

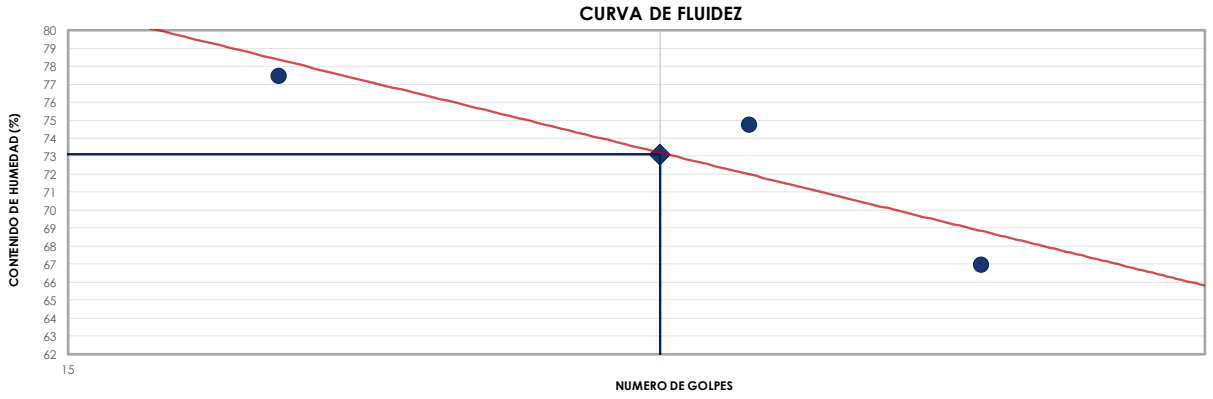
Anexo 8. Límite de atterberg para mezcla de suelo con 5% de NaCl segunda repetición.

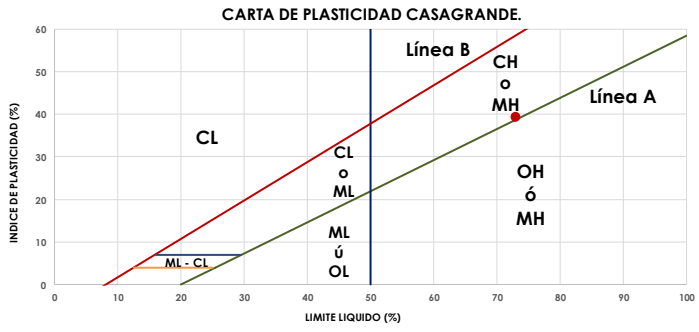
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO (ASTM D-4318 / AASHTO T-89, T-90)

INFORMACION GENERAL.

Solicitante:	UES FMO				
Proyecto:	Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante.				
Procedencia:	UES FMO				
Sondeo No.:	2	**Muestra No.:**	2	**Profundidad (Desde - Hasta)(m):**	0.50m -- 1.00m
Fecha de Muestreo:	15-febrero-2019	**Fecha de Ensayo:**			

DESCRIPCION.	LIMITE LIQUIDO.			LIMITE PLASTICO.			RESULTADOS OBTENIDOS:	
Ensayo No.:	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**Limite Liquido (%):**	73.1
Numero de golpes:	18	27	33				**Limite Plastico (%):**	33.8
Masa de Suelo hum. + tara (g):	32.20	31.40	31.10	22.90	23.10	25.10	**Indice de Plasticidad:**	39.3
Masa de Suelo seco + tara (g):	24.30	24.00	24.20	20.70	20.60	22.60	**METODO DE ENSAYO:**	
Masa de tara (g):	14.10	14.10	13.90	13.90	14.10	14.40	Multiples Puntos "A"	
Masa de Suelo seco (g):	10.20	9.90	10.30	6.80	6.50	8.20		
Contenido de humedad (%):	**77.45**	**74.75**	**66.99**	**32.35**	**38.46**	**30.49**		





CARACTERISTICAS DE MATERIAL:

Color:	café oscuro
Forma de Grano:	Redonda
Resistencia en Estado Seco:	Alta a muy alta
Dilatancia:	Nula
Tenacidad:	Alta
Plasticidad:	Media
Descripcion:	

Arcillas inorgánicas de alta plasticidad

Nomenclatura SUCS: CH

Anexo 9. Límite de atterberg para mezcla de suelo con 10% de NaCl.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO (ASTM D-4318 / AASHTO T-89, T-90)

INFORMACION GENERAL.

Solicitante: UES FMO

Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante 10% de NaCl

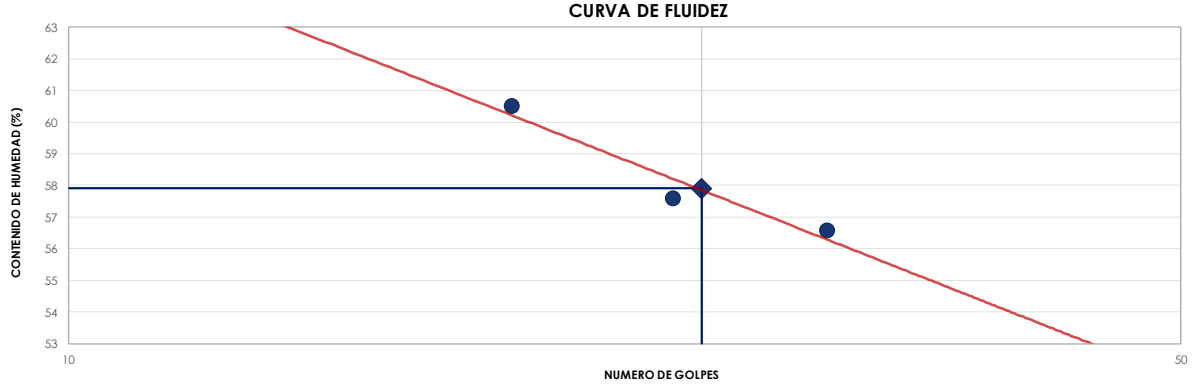
Procedencia: UES FMO

Sondeo No.: 1 **Muestra No.:** 1 **Profundidad (Desde - Hasta)(m):** 0.00m -- 1.00m

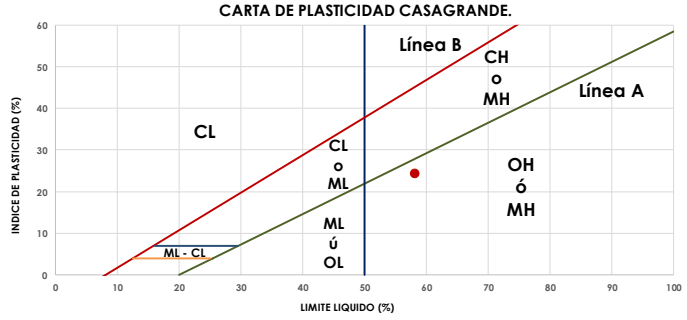
Fecha de Muestreo: 15 febrero de 2019 **Fecha de Ensayo:**

DESCRIPCION.	LIMITE LIQUIDO.			LIMITE PLASTICO.			RESULTADOS OBTENIDOS:	
Ensayo No.:	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**Limite Liquido (%):**	58.2
Numero de golpes:	19	24	30				**Limite Plastico (%):**	34.0
Masa de Suelo hum. + tara (g):	32.60	33.80	34.30	24.00	25.60	25.70	**Indice de Plasticidad:**	24.2
Masa de Suelo seco + tara (g):	25.40	26.60	27.00	21.30	22.70	22.80	**METODO DE ENSAYO:**	
Masa de tara (g):	13.50	14.10	14.10	13.20	14.40	14.20	Multiples Puntos "A"	
Masa de Suelo seco (g):	11.90	12.50	12.90	8.10	8.30	8.60		
Contenido de humedad (%):	**60.50**	**57.60**	**56.59**	**33.33**	**34.94**	**33.72**		

CURVA DE FLUIDEZ



CARTA DE PLASTICIDAD CASAGRANDE.



CARACTERISTICAS DE MATERIAL:

Color: Café oscuro

Forma de Grano: Redonda

Resistencia en Estado Seco: Alta a muy alta

Dilatancia: Nula

Tenacidad: Alta

Plasticidad: Alta

Descripcion:

Arcillas inorgánicas de alta plasticidad

Nomenclatura SUCS: CH

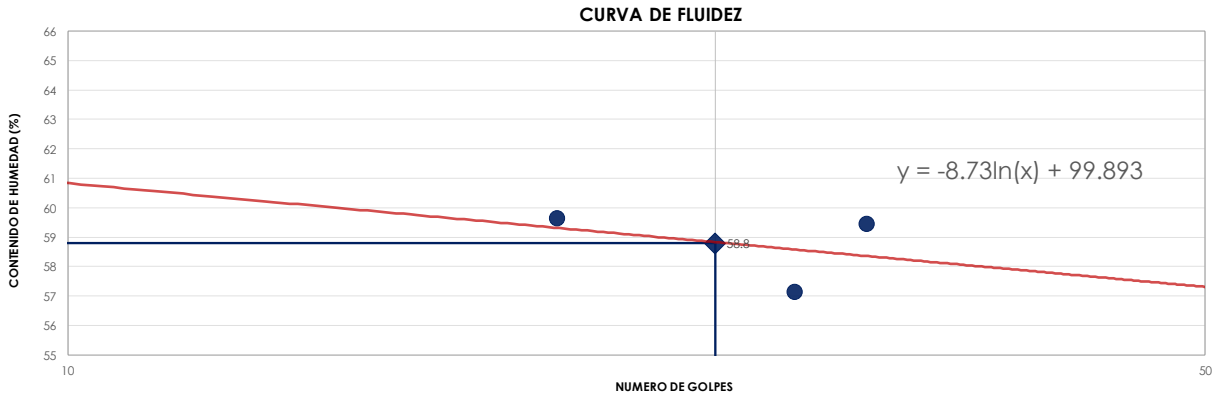
Anexo 10. Límite de atterberg para mezcla de suelo con 10% de NaCl primera repetición.

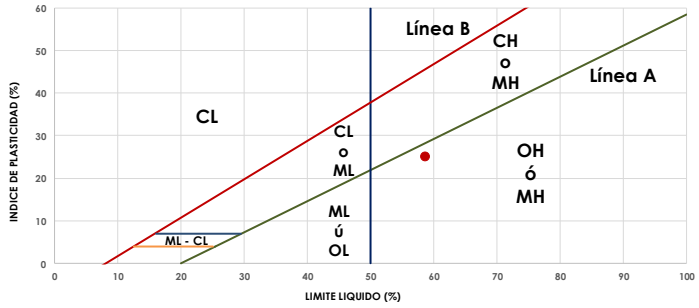
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO (ASTM D-4318 / AASHTO T-89, T-90)

INFORMACION GENERAL.

Solicitante:	UES FMO				
Proyecto:	Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante				
	10% DE NaCl				
Procedencia:	UES FMO				
Sondeo No.:	2	**Muestra No.:**	1	**Profundidad (Desde - Hasta)(m):**	0.50m -- 1.00m
Fecha de Muestreo:	15 febrero de 2019			**Fecha de Ensayo:**	26-febrero-2019

DESCRIPCION.	LIMITE LIQUIDO.			LIMITE PLASTICO.			RESULTADOS OBTENIDOS:	
Ensayo No.:	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**Limite Liquido (%):**	58.8
Numero de golpes:	20	28	31				**Limite Plastico (%):**	33.8
Masa de Suelo hum. + tara (g):	32.10	31.50	31.40	23.10	23.00	25.00	**Indice de Plasticidad:**	24.9
Masa de Suelo seco + tara (g):	25.30	25.10	24.80	20.80	20.70	22.30	**METODO DE ENSAYO:**	
Masa de tara (g):	13.90	13.90	13.70	13.90	14.00	14.30	Multiples Puntos "A"	
Masa de Suelo seco (g):	11.40	11.20	11.10	6.90	6.70	8.00		
Contenido de humedad (%):	**59.65**	**57.14**	**59.46**	**33.33**	**34.33**	**33.75**		





CARACTERISTICAS DE MATERIAL:

Color:	café oscuro
Forma de Grano:	Redonda
Resistencia en Estado Seco:	Alta a muy alta
Dilatancia:	Nula
Tenacidad:	Alta
Plasticidad:	Alta
Descripcion:	

Arcillas inorgánicas de alta plasticidad

Nomenclatura SUCS: CH

Anexo 11. Límite de atterberg para mezcla de suelo con 10% de NaCl segunda repetición.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO (ASTM D-4318 / AASHTO T-89, T-90)

INFORMACION GENERAL.

Solicitante: UES FMO

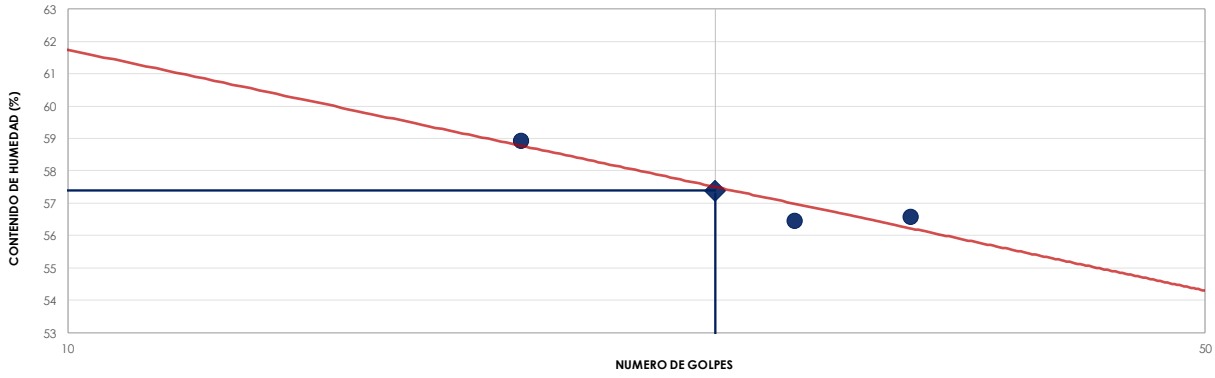
Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante 10% DE NaCl

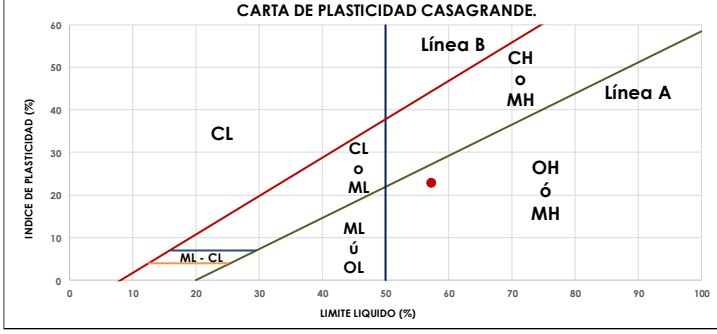
Procedencia: UES FMO

Sondeo No.: 2 **Muestra No.:** 2 **Profundidad (Desde - Hasta)(m):** 0.00m -- 1.00m

Fecha de Muestreo: 15 febrero de 2019 **Fecha de Ensayo:**

DESCRIPCION.	LIMITE LIQUIDO.			LIMITE PLASTICO.			RESULTADOS OBTENIDOS:	
Ensayo No.:	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**Limite Liquido (%):**	57.3
Numero de golpes:	19	28	33				**Limite Plastico (%):**	34.6
Masa de Suelo hum. + tara (g):	32.20	33.50	34.10	24.10	25.30	25.50	**Indice de Plasticidad:**	22.7
Masa de Suelo seco + tara (g):	25.60	26.50	26.80	21.20	22.40	22.80	**METODO DE ENSAYO:**	
Masa de tara (g):	14.40	14.10	13.90	13.20	14.40	14.20	Multiples Puntos "A"	
Masa de Suelo seco (g):	11.20	12.40	12.90	8.00	8.00	8.60		
Contenido de humedad (%):	**58.93**	**56.45**	**56.59**	**36.25**	**36.25**	**31.40**		





CARACTERISTICAS DE MATERIAL:

Color: Café oscuro

Forma de Grano: Redonda

Resistencia en Estado Seco: Alta a muy alta

Dilatancia: Nula

Tenacidad: Alta

Plasticidad: Alta

Descripcion:

Arcillas inorgánicas de alta plasticidad

Nomenclatura SUCS: CH

Anexo 12. Límite de atterberg para mezcla de suelo con 15% de NaCl.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO (ASTM D-4318 / AASHTO T-89, T-90)

INFORMACION GENERAL.

Solicitante: UES FMO

Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante. 15% de NaCl

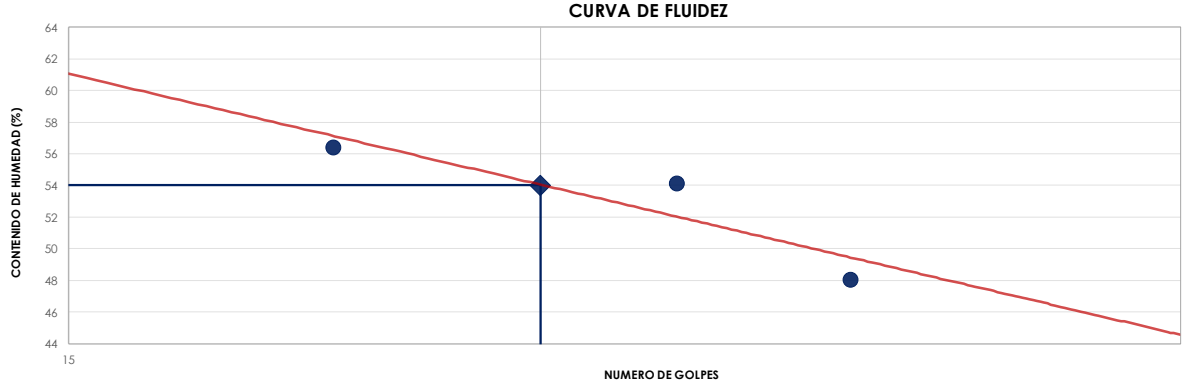
Procedencia: UES FMO

Sondeo No.: 1 **Muestra No.:** 1 **Profundidad (Desde - Hasta)(m):** 0.50 m - 1.00 m

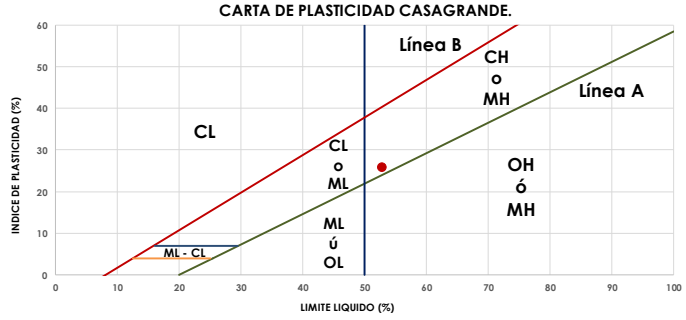
Fecha de Muestreo: 15-febrero-2019 **Fecha de Ensayo:**

DESCRIPCION.	LIMITE LIQUIDO.			LIMITE PLASTICO.			RESULTADOS OBTENIDOS:	
Ensayo No.:	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**Limite Liquido (%):**	52.9
Numero de golpes:	20	29	35				**Limite Plastico (%):**	27.1
Masa de Suelo hum. + tara (g):	32.50	32.60	33.20	25.10	24.20	25.00	**Indice de Plasticidad:**	25.8
Masa de Suelo seco + tara (g):	25.90	26.00	27.00	22.70	22.20	22.70	**METODO DE ENSAYO:**	
Masa de tara (g):	14.20	13.80	14.10	14.30	14.20	14.40	Multiples Puntos "A"	
Masa de Suelo seco (g):	11.70	12.20	12.90	8.40	8.00	8.30		
Contenido de humedad (%):	**56.41**	**54.10**	**48.06**	**28.57**	**25.00**	**27.71**		

CURVA DE FLUIDEZ



CARTA DE PLASTICIDAD CASAGRANDE.



CARACTERISTICAS DE MATERIAL:

Color: café oscuro

Forma de Grano: Redonda

Resistencia en Estado Seco: Alta a muy alta

Dilatancia: Nula

Tenacidad: Alta

Plasticidad: Alta

Descripcion:

Arcillas inorgánicas de alta plasticidad

Nomenclatura SUCS: CH

Anexo 13. Límite de atterberg para mezcla de suelo con 15% de NaCl primera repetición.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO (ASTM D-4318 / AASHTO T-89, T-90)

INFORMACION GENERAL.

Solicitante: UES FMO

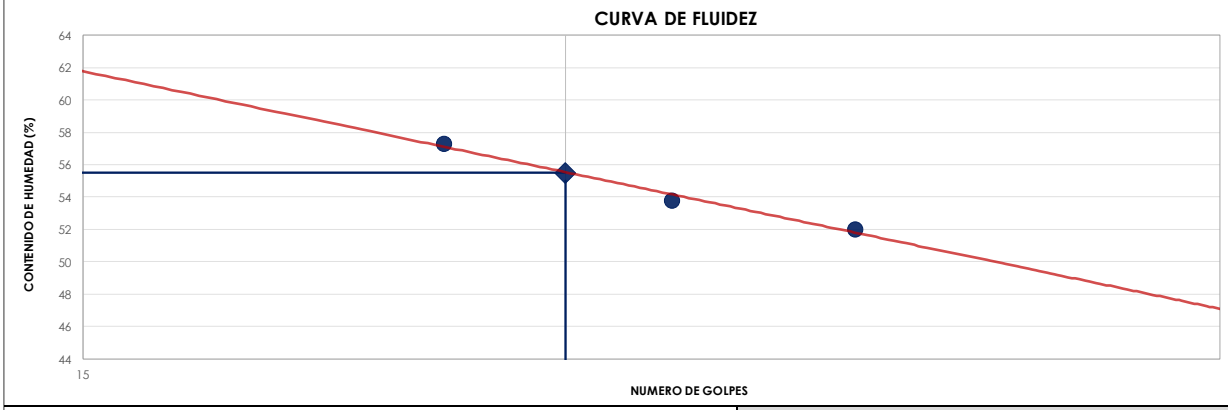
Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante. 15% DE NaCl

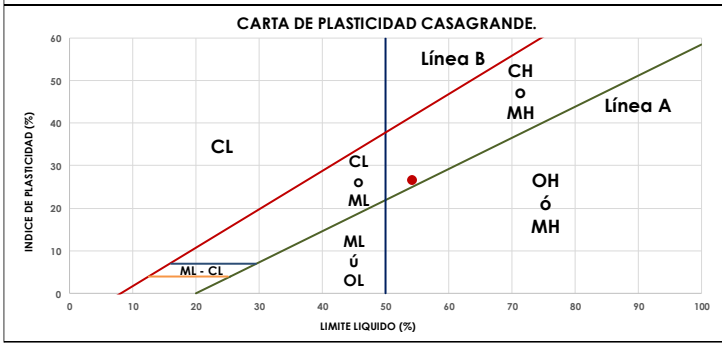
Procedencia: UES FMO

Sondeo No.: 2 **Muestra No.:** 1 **Profundidad (Desde - Hasta)(m):** 0.50 m - 1.00 m

Fecha de Muestreo: 15-febrero-2019 **Fecha de Ensayo:**

DESCRIPCION.	LIMITE LIQUIDO.			LIMITE PLASTICO.			RESULTADOS OBTENIDOS:	
Ensayo No.:	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**Limite Liquido (%):**	54.3
Numero de golpes:	22	28	34				**Limite Plastico (%):**	27.9
Masa de Suelo hum. + tara (g):	32.80	32.40	32.80	25.40	24.40	25.20	**Indice de Plasticidad:**	26.5
Masa de Suelo seco + tara (g):	26.10	26.00	26.30	22.90	22.40	22.80	**METODO DE ENSAYO:**	
Masa de tara (g):	14.40	14.10	13.80	14.50	14.40	14.50	Multiples Puntos "A"	
Masa de Suelo seco (g):	11.70	11.90	12.50	8.40	8.00	8.30		
Contenido de humedad (%):	**57.26**	**53.78**	**52.00**	**29.76**	**25.00**	**28.92**		





CARACTERISTICAS DE MATERIAL:

Color: café oscuro

Forma de Grano: Redonda

Resistencia en Estado Seco: Alta a muy alta

Dilatancia: Nula

Tenacidad: Alta

Plasticidad: Alta

Descripcion:

Arcillas inorgánicas de alta plasticidad

Nomenclatura SUCS: CH

Anexo 14. Límite de atterberg para mezcla de suelo con 15% de NaCl segunda repetición.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO (ASTM D-4318 / AASHTO T-89, T-90)

INFORMACION GENERAL.

Solicitante: UES FMO

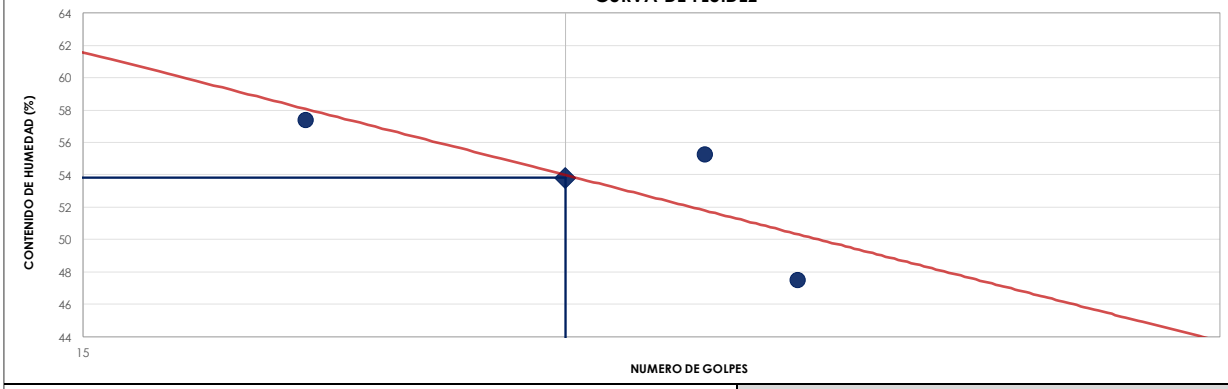
Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante. 15% DE NaCl

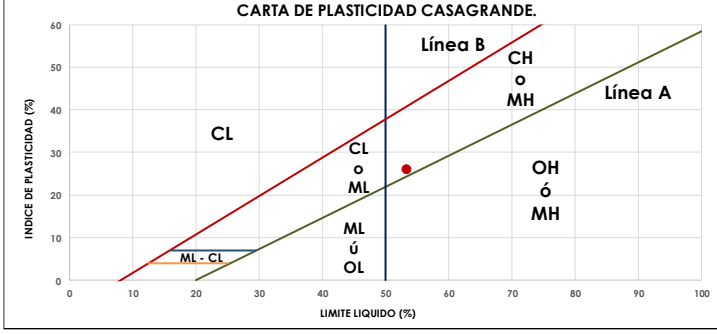
Procedencia: UES FMO

Sondeo No.: 2 **Muestra No.:** 2 **Profundidad (Desde - Hasta)(m):** 0.00 m - 1.00 m

Fecha de Muestreo: 15-febrero-2019 **Fecha de Ensayo:**

DESCRIPCION.	LIMITE LIQUIDO.			LIMITE PLASTICO.			RESULTADOS OBTENIDOS:	
Ensayo No.:	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**Limite Liquido (%):**	53.4
Numero de golpes:	19	29	32				**Limite Plastico (%):**	27.5
Masa de Suelo hum. + tara (g):	31.20	31.50	32.10	25.50	24.90	24.80	**Indice de Plasticidad:**	25.9
Masa de Suelo seco + tara (g):	25.00	25.20	26.40	22.90	22.60	22.50	**METODO DE ENSAYO:**	
Masa de tara (g):	14.20	13.80	14.40	13.90	14.00	13.90	Multiples Puntos "A"	
Masa de Suelo seco (g):	10.80	11.40	12.00	9.00	8.60	8.60		
Contenido de humedad (%):	**57.41**	**55.26**	**47.50**	**28.89**	**26.74**	**26.74**		





CARACTERISTICAS DE MATERIAL:

Color: café oscuro

Forma de Grano: Redonda

Resistencia en Estado Seco: Alta a muy alta

Dilatancia: Nula

Tenacidad: Alta

Plasticidad: Alta

Descripcion:

Arcillas inorgánicas de alta plasticidad

Nomenclatura SUCS: CH

Anexo 15. Límite de atterberg para mezcla de suelo con 20% de NaCl.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO (ASTM D-4318 / AASHTO T-89, T-90)

INFORMACION GENERAL.

Solicitante: UES

Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante.
20% de NaCl

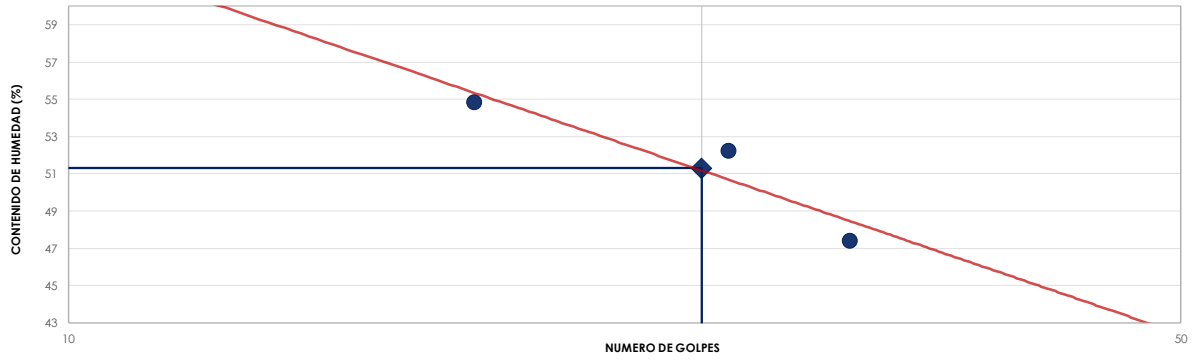
Procedencia: UES FMO

Sondeo No.: 1 **Muestra No.:** 1 **Profundidad (Desde - Hasta)(m):** 0.00m - 1.00m

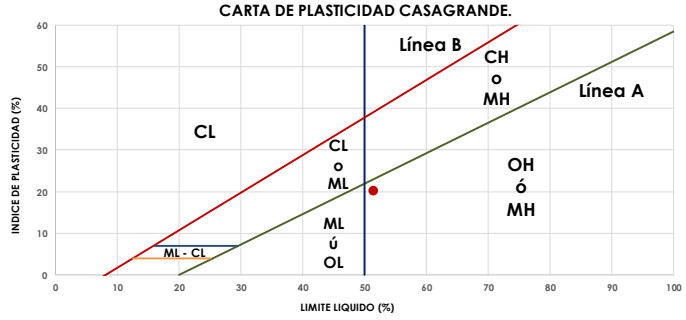
Fecha de Muestreo: 15 de febrero 2019 **Fecha de Ensayo:**

DESCRIPCION.	LIMITE LIQUIDO.			LIMITE PLASTICO.			RESULTADOS OBTENIDOS:	
Ensayo No.:	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**Limite Liquido (%):**	51.5
Numero de golpes:	18	26	31				**Limite Plastico (%):**	31.3
Masa de Suelo hum. + tara (g):	33.20	31.50	34.70	24.30	24.90	25.30	**Indice de Plasticidad:**	20.2
Masa de Suelo seco + tara (g):	26.40	25.60	28.30	21.90	22.30	22.70	**METODO DE ENSAYO:**	
Masa de tara (g):	14.00	14.30	14.80	14.30	14.30	14.00	Multiples Puntos "A"	
Masa de Suelo seco (g):	12.40	11.30	13.50	7.60	8.00	8.70		
Contenido de humedad (%):	**54.84**	**52.21**	**47.41**	**31.58**	**32.50**	**29.89**		

CURVA DE FLUIDEZ



CARTA DE PLASTICIDAD CASAGRANDE.



CARACTERISTICAS DE MATERIAL:

Color: café oscuro

Forma de Grano: Redonda

Resistencia en Estado Seco: Alta a muy alta

Dilatancia: Nula

Tenacidad: Alta

Plasticidad: Alta

Descripcion:

Arcillas inorgánicas de alta plasticidad

Nomenclatura SUCS: CH

Anexo 16. Límite de atterberg para mezcla de suelo con 20% de NaCl primera repetición.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO (ASTM D-4318 / AASHTO T-89, T-90)

INFORMACION GENERAL.

Solicitante: UES FMO

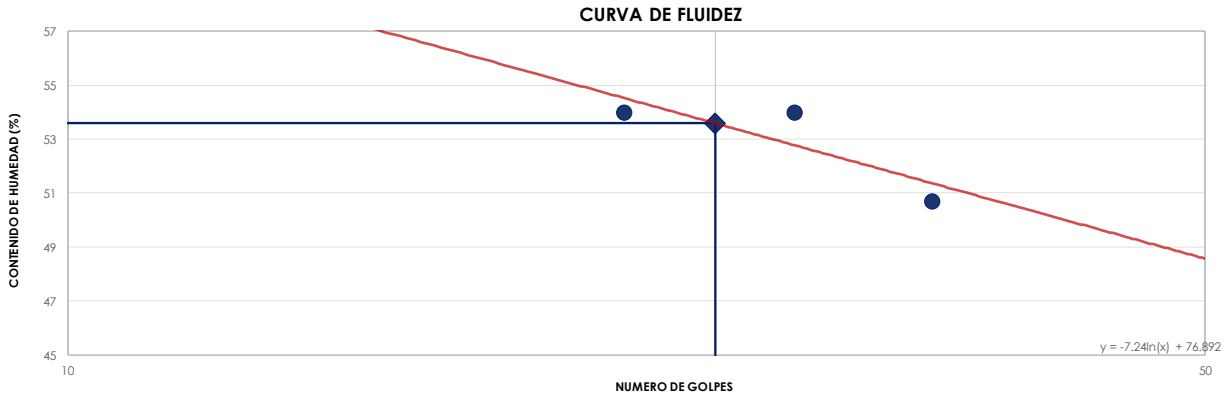
Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante 20% DE NaCl

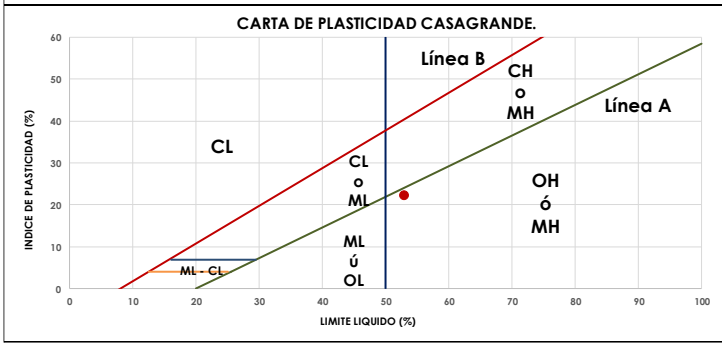
Procedencia: UES FMO

Sondeo No.: 2 **Muestra No.:** 1 **Profundidad (Desde - Hasta)(m):** 0.50m -- 1.00m

Fecha de Muestreo: 15 febrero de 2019 **Fecha de Ensayo:** 12-marzo-2019

DESCRIPCION.	LIMITE LIQUIDO.			LIMITE PLASTICO.			RESULTADOS OBTENIDOS:	
Ensayo No.:	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**Limite Liquido (%):**	52.9
Numero de golpes:	22	28	34				**Limite Plastico (%):**	30.6
Masa de Suelo hum. + tara (g):	33.40	31.70	24.90	24.90	32.00	26.10	**Indice de Plasticidad:**	22.2
Masa de Suelo seco + tara (g):	26.60	25.60	21.20	22.20	27.50	23.50	**METODO DE ENSAYO:**	
Masa de tara (g):	14.00	14.30	13.90	13.70	13.90	13.90	Multiples Puntos "A"	
Masa de Suelo seco (g):	12.60	11.30	7.30	8.50	13.60	9.60		
Contenido de humedad (%):	**53.97**	**53.98**	**50.68**	**31.76**	**33.09**	**27.08**		





CARACTERISTICAS DE MATERIAL:

Color: café oscuro

Forma de Grano: Redonda

Resistencia en Estado Seco: Alta a muy alta

Dilatancia: Nula

Tenacidad: Alta

Plasticidad: Alta

Descripcion:

Arcillas inorgánicas de alta plasticidad

Nomenclatura SUCS: ch

Anexo 17. Límite de atterberg para mezcla de suelo con 20% de NaCl segunda repetición.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO (ASTM D-4318 / AASHTO T-89, T-90)

INFORMACION GENERAL.

Solicitante: UES FMO

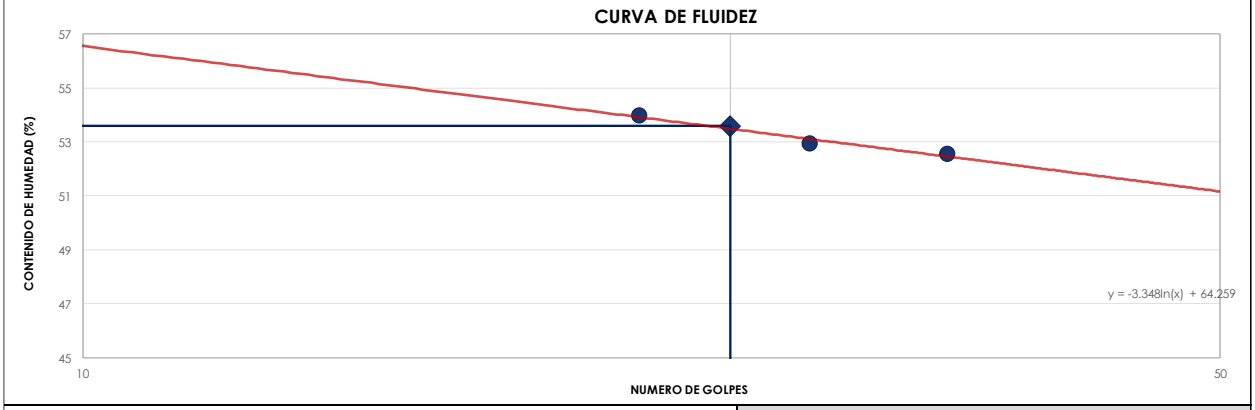
Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante 20% DE NaCl

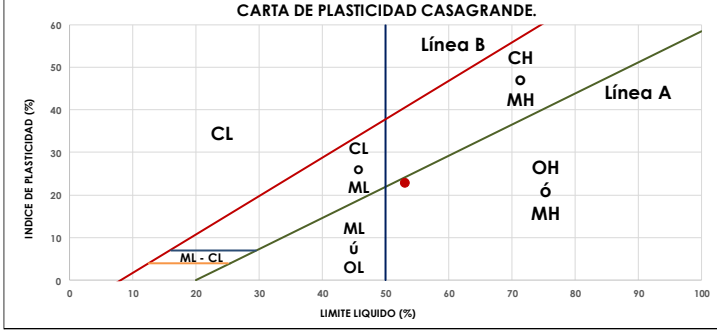
Procedencia: UES FMO

Sondeo No.: 2 **Muestra No.:** 2 **Profundidad (Desde - Hasta)(m):** 0.50m -- 1.00m

Fecha de Muestreo: 15 febrero de 2019 **Fecha de Ensayo:** 13-marzo-2019

DESCRIPCION.	LIMITE LIQUIDO.			LIMITE PLASTICO.			RESULTADOS OBTENIDOS:	
Ensayo No.:	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**Limite Liquido (%):**	53.2
Numero de golpes:	22	28	34				**Limite Plastico (%):**	30.4
Masa de Suelo hum. + tara (g):	31.40	29.70	22.90	24.80	30.00	24.10	**Indice de Plasticidad:**	22.8
Masa de Suelo seco + tara (g):	25.30	24.30	19.80	21.70	26.80	21.90	**METODO DE ENSAYO:**	
Masa de tara (g):	14.00	14.10	13.90	13.90	13.80	13.70	Multiples Puntos "A"	
Masa de Suelo seco (g):	11.30	10.20	5.90	7.80	13.00	8.20		
Contenido de humedad (%):	**53.98**	**52.94**	**52.54**	**39.74**	**24.62**	**26.83**		





CARACTERISTICAS DE MATERIAL:

Color: café oscuro

Forma de Grano: Redonda

Resistencia en Estado Seco: Alta a muy alta

Dilatancia: Nula

Tenacidad: Alta

Plasticidad: Alta

Descripcion:

Arcillas inorgánicas de alta plasticidad

Nomenclatura SUCS: ch

Anexo 18. Determinación de la relación densidad-humedad de suelo (AASHTO T-180) para suelo natural.

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DENSIDAD-HUMEDAD DE SUELO (AASHTO T-180).

INFORMACIÓN GENERAL.

Solicitante:
Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante 0% de NaCl

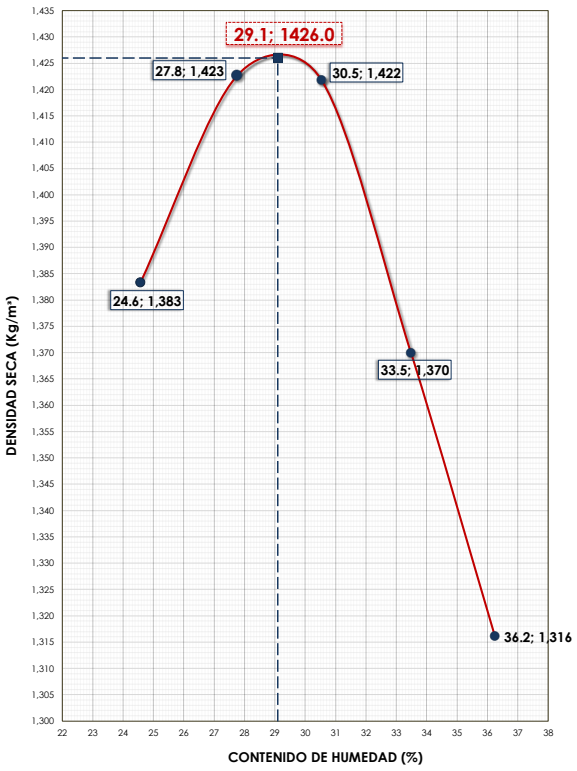
Procedencia: UES-FMO (PCA 1)

Fecha de Muestreo: 15-febrero-2019 **Fecha de Ensayo:** 10-marzo-2019

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DE SUELO.					
Ensayo No.	1	2	3	4	5
% Agua de Ensayo:	25.0	28.0	31.0	34.0	37.0
Agua para Ensayo (ml):					
Suelo Húmedo + Molde (g):	3,545	3,638	3,676	3,649	3,614
Masa de Molde (g):	1,847	1,847	1,847	1,847	1,847
Volumen de Molde (cm³):	985	985	985	985	985
Densidad Húmeda (kg/m³):	1,723	1,818	1,856	1,829	1,793
Densidad Seca (kg/m³):	**1,383**	**1,423**	**1,422**	**1,370**	**1,316**

CONTENIDO DE HUMEDAD.															
Descripción.	Antes de Compactación.					Después de Compactación.									
Ensayo No.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Masa de Tara (g):						173.0	175.0	184.0	197.0	175.0					
Masa de Suelo Hum. + Tara (g):						462.0	489.0	496.0	492.0	487.0					
Masa de Suelo Seco + Tara (g):						405.0	421.0	423.0	418.0	404.0					
Masa de Agua (g):						57.0	68.0	73.0	74.0	83.0					
Masa de Suelo Seco (g):						232.0	245.0	239.0	221.0	229.0					
Contenido de Humedad (%):						**24.6**	**27.8**	**30.5**	**33.5**	**36.2**					

CURVA DE COMPACTACIÓN DE SUELO.



RESULTADOS OBTENIDOS.

Densidad Seca Máxima (kg/m³): 1,426
Contenido de Humedad Optimo (%) 29.1

MÉTODO DE ENSAYO.

Método: B Peso de Martillo (lb): 10.0
Diámetro de Molde (pulg): 4.0 Altura de Caída (pulg): 18.0
Numero de Capas: 5 No. de golpes/capa: 25

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL.

Clasificación:
Tipo de Mezcla: Suelo - NaCl
Porcentaje de NaCl: 0%
Tipo de Cemento:

CORRECCIÓN POR PARTÍCULAS DE SOBRETAMAÑO (AASHTO T-224).

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE PARTÍCULAS GRUESAS (AASHTO T-85).

Ensayo No.	1	2
Masa de Muestra Seca (g):		
Masa de Muestra SSS (g):		
Masa de Muestra Sumergida (g):		
Gravedad Especifica de partículas:		
Gravedad Especifica promedio:		

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FINAS Y DE SOBRETAMAÑO.

Contenido de humedad de partículas finas (CwPf) (%):
Contenido de humedad de partículas de sobretamaño (CwPs) (%):
Porcentaje de Partículas finas (Pf):
Porcentaje de Partículas de Sobretamaño (Ps):

RESULTADOS OBTENIDOS DE CORRECCIÓN.

Corrección de Humedad Optima (%):
Corrección de Densidad Seca Máxima (kg/m³):

Anexo 19. Determinación de la relación densidad-humedad de suelo (AASHTO T-180) para suelo natural primera repetición.

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DENSIDAD-HUMEDAD DE SUELO (AASHTO T-180).

INFORMACIÓN GENERAL.

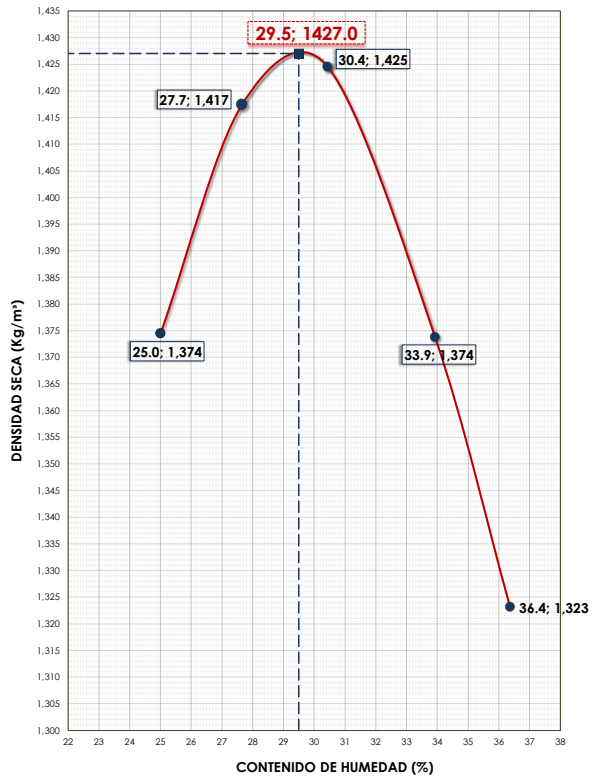
Solicitante:
Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante 0% de NaCl

Procedencia: UES-FMO (PCA 2)
Fecha de Muestreo: 15-febrero-2019 **Fecha de Ensayo:** 10-marzo-2019

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DE SUELO.					
Ensayo No.	1	2	3	4	5
% Agua de Ensayo:	25.0	28.0	31.0	34.0	37.0
Agua para Ensayo (ml):					
Suelo Húmedo + Molde (g):	3,540	3,630	3,678	3,660	3,625
Masa de Molde (g):	1,847	1,847	1,847	1,847	1,847
Volumen de Molde (cm³):	985	985	985	985	985
Densidad Húmeda (kg/m³):	1,718	1,809	1,858	1,840	1,804
Densidad Seca (kg/m³):	**1,374**	**1,417**	**1,425**	**1,374**	**1,323**

CONTENIDO DE HUMEDAD.															
Descripción.	Antes de Compactación.					Después de Compactación.									
Ensayo No.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Masa de Tara (g):						173.0	175.0	184.0	197.0	175.0					
Masa de Suelo Hum. + Tara (g):						473.0	475.0	484.0	497.0	475.0					
Masa de Suelo Seco + Tara (g):						413.0	410.0	414.0	421.0	395.0					
Masa de Agua (g):						60.0	65.0	70.0	76.0	80.0					
Masa de Suelo Seco (g):						240.0	235.0	230.0	224.0	220.0					
Contenido de Humedad (%):						**25.0**	**27.7**	**30.4**	**33.9**	**36.4**					

CURVA DE COMPACTACIÓN DE SUELO.



RESULTADOS OBTENIDOS.

Densidad Seca Máxima (kg/m³): 1,427
Contenido de Humedad Optimo (%) 29.5

MÉTODO DE ENSAYO.

Método: B Peso de Martillo (lb): 10.0
Diámetro de Molde (pulg): 4.0 Altura de Caída (pulg): 18.0
Numero de Capas: 5 No. de golpes/capa: 25

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL.

Clasificación:
Tipo de Mezcla: Suelo - NaCl
Porcentaje de NaCl: 0%
Tipo de Cemento:

CORRECCIÓN POR PARTÍCULAS DE SOBRETAMAÑO (AASHTO T-224).

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE PARTÍCULAS GRUESAS (AASHTO T-85).

Ensayo No.	1	2
Masa de Muestra Seca (g):		
Masa de Muestra SSS (g):		
Masa de Muestra Sumergida (g):		
Gravedad Especifica de partículas:		
Gravedad Especifica promedio:		

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FINAS Y DE SOBRETAMAÑO.

Contenido de humedad de partículas finas (CwPf) (%):
Contenido de humedad de partículas de sobretamaño (CwPs) (%):
Porcentaje de Partículas finas (Pf):
Porcentaje de Partículas de Sobretamaño (Ps):

RESULTADOS OBTENIDOS DE CORRECCIÓN.

Corrección de Humedad Optima (%):
Corrección de Densidad Seca Máxima (kg/m³):

Anexo 20. Determinación de la relación densidad-humedad de suelo (AASHTO T-180) para 5% de NaCl.

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DENSIDAD-HUMEDAD DE SUELO (AASHTO T-180).

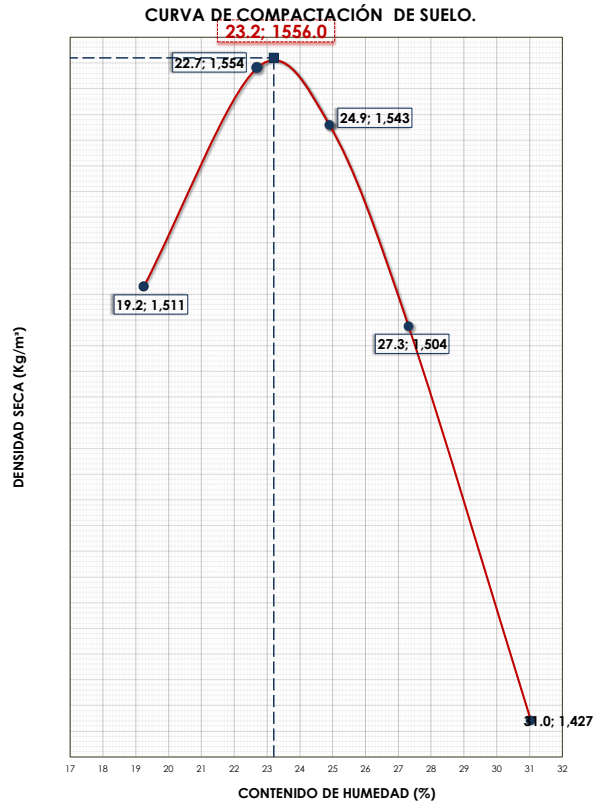
INFORMACIÓN GENERAL.

Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante 5% de sal

Procedencia: UES-FMO (PCA 1)

Fecha de Muestreo: 15-febrero-2019 **Fecha de Ensayo:** 11-marzo-2019

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DE SUELO.						CONTENIDO DE HUMEDAD.										
						Descripción.	Antes de Compactación.					Después de Compactación.				
Ensayo No.	1	2	3	4	5	Ensayo No.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
% Agua de Ensayo:	19.0	22.0	25.0	28.0	31.0											
Agua para Ensayo (ml):						Masa de Tara (g):						174.0	175.0	174.0	197.0	192.0
Suelo Húmedo + Molde (g):	5,739	5,838	5,857	5,845	5,803	Masa de Suelo Hum. + Tara (g):						490.0	483.0	485.0	500.0	496.0
Masa de Molde (g):	4,034	4,034	4,034	4,034	4,034	Masa de Suelo Seco + Tara (g):						439.0	426.0	423.0	435.0	424.0
Volumen de Molde (cm³):	946	946	946	946	946	Masa de Agua (g):						51.0	57.0	62.0	65.0	72.0
Densidad Húmeda (kg/m³):	1,802	1,907	1,927	1,914	1,870	Masa de Suelo Seco (g):						265.0	251.0	249.0	238.0	232.0
Densidad Seca (kg/m³):	**1,511**	**1,554**	**1,543**	**1,504**	**1,427**	Contenido de Humedad (%):						**19.2**	**22.7**	**24.9**	**27.3**	**31.0**



RESULTADOS OBTENIDOS.

Densidad Seca Máxima (kg/m³):	1,556
Contenido de Humedad Optimo (%)	23.2

MÉTODO DE ENSAYO.

Método:	B	Peso de Martillo (lb):	10.0
Diámetro de Molde (pulg):	4.0	Altura de Caída (pulg):	18.0
Numero de Capas:	5	No. de golpes/capa:	25

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL.

Clasificación:	
Tipo de Mezcla:	Suelo - NaCl
Porcentaje de NaCl:	6%
Tipo de Cemento:	

CORRECCIÓN POR PARTÍCULAS DE SOBRETAMAÑO (AASHTO T-224).

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE PARTÍCULAS GRUESAS (AASHTO T-85).

Ensayo No.	1	2
Masa de Muestra Seca (g):		
Masa de Muestra SSS (g):		
Masa de Muestra Sumergida (g):		
Gravedad Especifica de partículas:		
Gravedad Especifica promedio:		

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FINAS Y DE SOBRETAMAÑO.

Contenido de humedad de partículas finas (CwPf) (%):	
Contenido de humedad de partículas de sobretamaño (CwPs) (%):	
Porcentaje de Partículas finas (Pf):	
Porcentaje de Partículas de Sobretamaño (Ps):	

RESULTADOS OBTENIDOS DE CORRECCIÓN.

Corrección de Humedad Optima (%):	
Corrección de Densidad Seca Máxima (kg/m³):	

Anexo 21. Determinación de la relación densidad-humedad de suelo (AASHTO T-180) para 5% de NaCl primera repetición.

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DENSIDAD-HUMEDAD DE SUELO (AASHTO T-180).

INFORMACIÓN GENERAL.

Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante 5% de sal

Procedencia: UES-FMO (PCA 2)

Fecha de Muestreo: 15-febrero-2019 **Fecha de Ensayo:** 11-marzo-2019

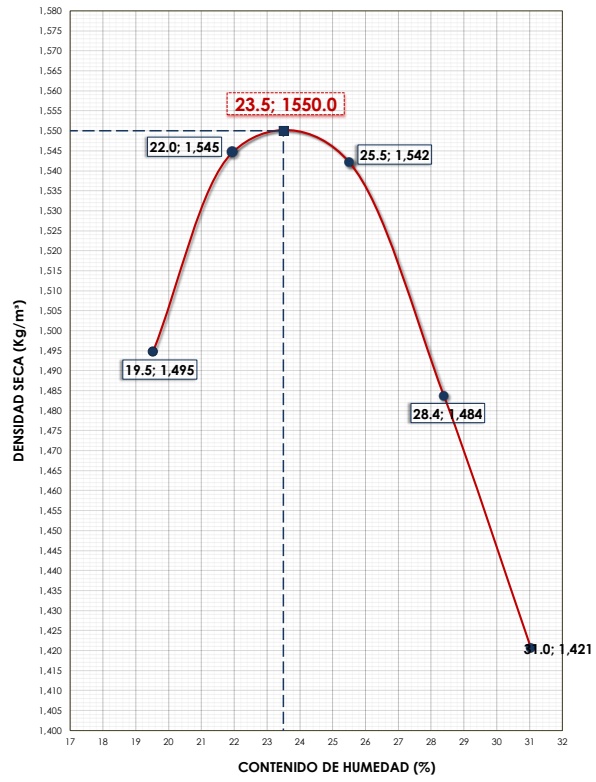
DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DE SUELO.

Ensayo No.	1	2	3	4	5
% Agua de Ensayo:	19.0	22.0	25.0	28.0	31.0
Agua para Ensayo (ml):					
Suelo Húmedo + Molde (g):	5,724	5,816	5,865	5,836	5,795
Masa de Molde (g):	4,034	4,034	4,034	4,034	4,034
Volumen de Molde (cm³):	946	946	946	946	946
Densidad Húmeda (kg/m³):	1,786	1,884	1,936	1,905	1,862
Densidad Seca (kg/m³):	**1,495**	**1,545**	**1,542**	**1,484**	**1,421**

CONTENIDO DE HUMEDAD.

Descripción.	Antes de Compactación.					Después de Compactación.				
Ensayo No.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Masa de Tara (g):						174.0	175.0	174.0	197.0	192.0
Masa de Suelo Hum. + Tara (g):						474.0	475.0	484.0	500.0	496.0
Masa de Suelo Seco + Tara (g):						425.0	421.0	421.0	433.0	424.0
Masa de Agua (g):						49.0	54.0	63.0	67.0	72.0
Masa de Suelo Seco (g):						251.0	246.0	247.0	236.0	232.0
Contenido de Humedad (%):						**19.5**	**22.0**	**25.5**	**28.4**	**31.0**

CURVA DE COMPACTACIÓN DE SUELO.



RESULTADOS OBTENIDOS.

Densidad Seca Máxima (kg/m³):	1,550
Contenido de Humedad Optimo (%)	23.5

MÉTODO DE ENSAYO.

Método:	B	Peso de Martillo (lb):	10.0
Diámetro de Molde (pulg):	4.0	Altura de Caída (pulg):	18.0
Numero de Capas:	5	No. de golpes/capa:	25

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL.

Clasificación:	
Tipo de Mezcla:	Suelo - NaCl
Porcentaje de NaCl:	6%
Tipo de Cemento:	

CORRECCIÓN POR PARTÍCULAS DE SOBRETAMAÑO (AASHTO T-224).

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE PARTÍCULAS GRUESAS (AASHTO T-85).

Ensayo No.	1	2
Masa de Muestra Seca (g):		
Masa de Muestra SSS (g):		
Masa de Muestra Sumergida (g):		
Gravedad Especifica de partículas:		
Gravedad Especifica promedio:		

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FINAS Y DE SOBRETAMAÑO.

Contenido de humedad de partículas finas (CwPf) (%):	
Contenido de humedad de partículas de sobretamaño (CwPs) (%):	
Porcentaje de Partículas finas (Pf):	
Porcentaje de Partículas de Sobretamaño (Ps):	

RESULTADOS OBTENIDOS DE CORRECCIÓN.

Corrección de Humedad Optima (%):	
Corrección de Densidad Seca Máxima (kg/m³):	

Anexo 22. Determinación de la relación densidad-humedad de suelo (AASHTO T-180) para 10% de NaCl.

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DENSIDAD-HUMEDAD DE SUELO (AASHTO T-180).

INFORMACIÓN GENERAL.

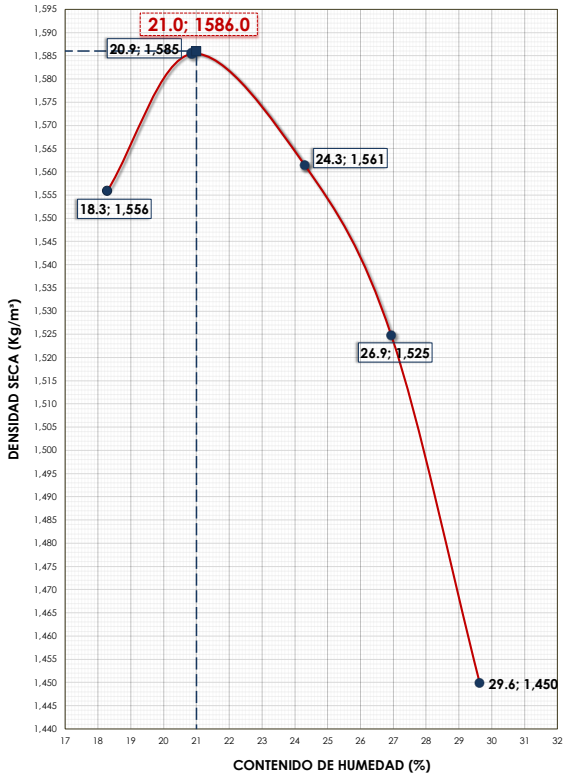
Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante 10% de sal

Procedencia: UES-FMO (PCA 1)

Fecha de Muestreo: 15-febrero-2019 **Fecha de Ensayo:** 12-marzo-2019

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DE SUELO.						CONTENIDO DE HUMEDAD.										
						Descripción.	Antes de Compactación.					Después de Compactación.				
Ensayo No.	1	2	3	4	5	Ensayo No.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
% Agua de Ensayo:	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0											
Agua para Ensayo (ml):						Masa de Tara (g):						197.0	174.0	175.0	198.0	192.0
Suelo Húmedo + Molde (g):	5,775	5,847	5,870	5,865	5,812	Masa de Suelo Hum. + Tara (g):						501.0	504.0	487.0	509.0	507.0
Masa de Molde (g):	4,034	4,034	4,034	4,034	4,034	Masa de Suelo Seco + Tara (g):						454.0	447.0	426.0	443.0	435.0
Volumen de Molde (cm³):	946	946	946	946	946	Masa de Agua (g):						47.0	57.0	61.0	66.0	72.0
Densidad Húmeda (kg/m³):	1,840	1,916	1,941	1,936	1,879	Masa de Suelo Seco (g):						257.0	273.0	251.0	245.0	243.0
Densidad Seca (kg/m³):	**1,556**	**1,585**	**1,561**	**1,525**	**1,450**	Contenido de Humedad (%):						**18.3**	**20.9**	**24.3**	**26.9**	**29.6**

CURVA DE COMPACTACIÓN DE SUELO.



RESULTADOS OBTENIDOS.

Densidad Seca Máxima (kg/m³):	1,586
Contenido de Humedad Optimo (%)	21.0

MÉTODO DE ENSAYO.

Método:	B	Peso de Martillo (lb):	10.0
Diámetro de Molde (pulg):	4.0	Altura de Caída (pulg):	18.0
Numero de Capas:	5	No. de golpes/capa:	25

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL.

Clasificación:	
Tipo de Mezcla:	Suelo - NaCl
Porcentaje de NaCl:	10%
Tipo de Cemento:	

CORRECCIÓN POR PARTÍCULAS DE SOBRETAMAÑO (AASHTO T-224).

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE PARTÍCULAS GRUESAS (AASHTO T-85).

Ensayo No.	1	2
Masa de Muestra Seca (g):		
Masa de Muestra SSS (g):		
Masa de Muestra Sumergida (g):		
Gravedad Especifica de partículas:		
Gravedad Especifica promedio:		

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FINAS Y DE SOBRETAMAÑO.

Contenido de humedad de partículas finas (CwPf) (%):	
Contenido de humedad de partículas de sobretamaño (CwPs) (%):	
Porcentaje de Partículas finas (Pf):	
Porcentaje de Partículas de Sobretamaño (Ps):	

RESULTADOS OBTENIDOS DE CORRECCIÓN.

Corrección de Humedad Optima (%):	
Corrección de Densidad Seca Máxima (kg/m³):	

Anexo 23. Determinación de la relación densidad-humedad de suelo (AASHTO T-180) para 10% de NaCl primera repetición.

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DENSIDAD-HUMEDAD DE SUELO (AASHTO T-180).

INFORMACIÓN GENERAL.

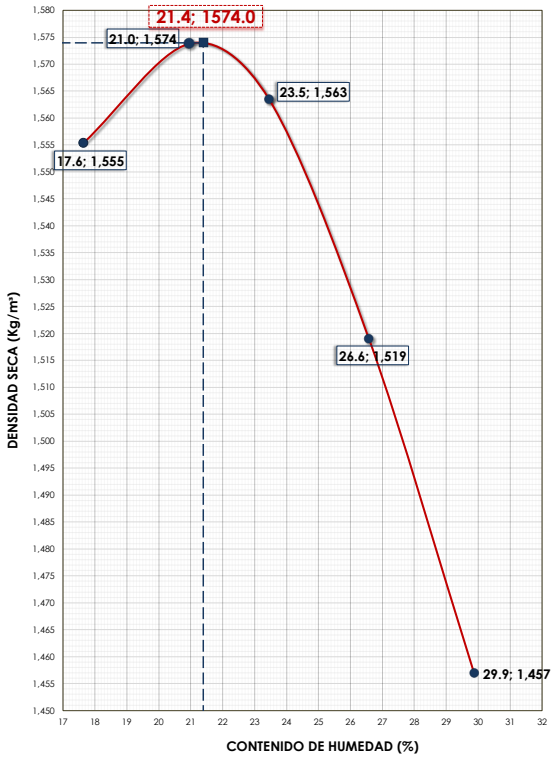
Solicitante: UES
Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante 10% de sal

Procedencia: UES-FMO (PCA 2)
Fecha de Muestreo: 15-febrero-2019 **Fecha de Ensayo:** 12-marzo-2019

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DE SUELO.					
Ensayo No.	1	2	3	4	5
% Agua de Ensayo:	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0
Agua para Ensayo (ml):					
Suelo Húmedo + Molde (g):	5,765	5,835	5,860	5,853	5,824
Masa de Molde (g):	4,034	4,034	4,034	4,034	4,034
Volumen de Molde (cm³):	946	946	946	946	946
Densidad Húmeda (kg/m³):	1,830	1,904	1,930	1,923	1,892
Densidad Seca (kg/m³):	**1,555**	**1,574**	**1,563**	**1,519**	**1,457**

CONTENIDO DE HUMEDAD.															
Descripción.	Antes de Compactación.					Después de Compactación.									
Ensayo No.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
Masa de Tara (g):						96.0	192.0	192.0	96.0	174.0					
Masa de Suelo Hum. + Tara (g):						396.0	492.0	492.0	396.0	474.0					
Masa de Suelo Seco + Tara (g):						351.0	440.0	435.0	333.0	405.0					
Masa de Agua (g):						45.0	52.0	57.0	63.0	69.0					
Masa de Suelo Seco (g):						255.0	248.0	243.0	237.0	231.0					
Contenido de Humedad (%):						**17.6**	**21.0**	**23.5**	**26.6**	**29.9**					

CURVA DE COMPACTACIÓN DE SUELO.



RESULTADOS OBTENIDOS.

Densidad Seca Máxima (kg/m³):	**1,574**
Contenido de Humedad Optimo (%)	**21.4**

MÉTODO DE ENSAYO.

Método:	B	Peso de Martillo (lb):	10.0
Diámetro de Molde (pulg):	4.0	Altura de Caída (pulg):	18.0
Numero de Capas:	5	No. de golpes/capa:	25

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL.

Clasificación:	
Tipo de Mezcla:	Suelo - NaCl
Porcentaje de NaCl:	10%
Tipo de Cemento:	

CORRECCIÓN POR PARTÍCULAS DE SOBRETAMAÑO (AASHTO T-224).

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE PARTÍCULAS GRUESAS (AASHTO T-85).

Ensayo No.	1	2
Masa de Muestra Seca (g):		
Masa de Muestra SSS (g):		
Masa de Muestra Sumergida (g):		
Gravedad Especifica de partículas:		
Gravedad Especifica promedio:		

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FINAS Y DE SOBRETAMAÑO.

Contenido de humedad de partículas finas (CwPf) (%):	
Contenido de humedad de partículas de sobretamaño (CwPs) (%):	
Porcentaje de Partículas finas (Pf):	
Porcentaje de Partículas de Sobretamaño (Ps):	

RESULTADOS OBTENIDOS DE CORRECCIÓN.

Corrección de Humedad Optima (%):	
Corrección de Densidad Seca Máxima (kg/m³):	

Anexo 24. Determinación de la relación densidad-humedad de suelo (AASHTO T-180) para 15% de NaCl.

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DENSIDAD-HUMEDAD DE SUELO (AASHTO T-180).

INFORMACIÓN GENERAL.

Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante 15% de sal

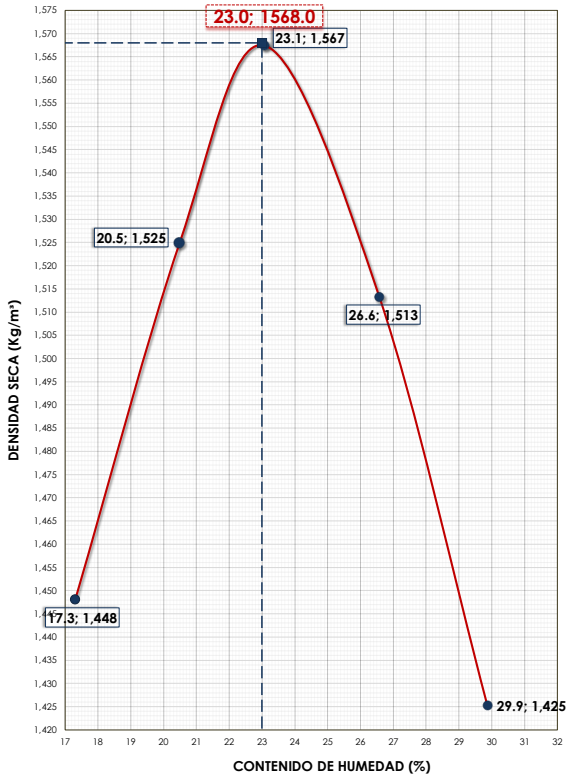
Procedencia: UES-FMO (PCA 1)

Fecha de Muestreo: 15-febrero-2019 **Fecha de Ensayo:** 13-marzo-2019

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DE SUELO.					
Ensayo No.	1	2	3	4	5
% Agua de Ensayo:	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0
Agua para Ensayo (ml):					
Suelo Húmedo + Molde (g):	5,641	5,772	5,859	5,846	5,785
Masa de Molde (g):	4,034	4,034	4,034	4,034	4,034
Volumen de Molde (cm³):	946	946	946	946	946
Densidad Húmeda (kg/m³):	1,699	1,837	1,929	1,915	1,851
Densidad Seca (kg/m³):	**1,448**	**1,525**	**1,567**	**1,513**	**1,425**

CONTENIDO DE HUMEDAD.															
Descripción.	Antes de Compactación.					Después de Compactación.									
Ensayo No.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Masa de Tara (g):						171.0	175.0	192.0	174.0	174.0					
Masa de Suelo Hum. + Tara (g):						503.0	475.0	496.0	474.0	474.0					
Masa de Suelo Seco + Tara (g):						454.0	424.0	439.0	411.0	405.0					
Masa de Agua (g):						49.0	51.0	57.0	63.0	69.0					
Masa de Suelo Seco (g):						283.0	249.0	247.0	237.0	231.0					
Contenido de Humedad (%):						**17.3**	**20.5**	**23.1**	**26.6**	**29.9**					

CURVA DE COMPACTACIÓN DE SUELO.



RESULTADOS OBTENIDOS.

Densidad Seca Máxima (kg/m³):	**1,568**
Contenido de Humedad Optimo (%)	**23.0**

MÉTODO DE ENSAYO.

Método:	B	Peso de Martillo (lb):	10.0
Diámetro de Molde (pulg):	4.0	Altura de Caída (pulg):	18.0
Numero de Capas:	5	No. de golpes/capa:	25

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL.

Clasificación:	
Tipo de Mezcla:	Suelo - NaCl
Porcentaje de NaCl:	15%
Tipo de Cemento:	

CORRECCIÓN POR PARTÍCULAS DE SOBRETAMAÑO (AASHTO T-224).

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE PARTÍCULAS GRUESAS (AASHTO T-85).

Ensayo No.	1	2
Masa de Muestra Seca (g):		
Masa de Muestra SSS (g):		
Masa de Muestra Sumergida (g):		
Gravedad Especifica de partículas:		
Gravedad Especifica promedio:		

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FINAS Y DE SOBRETAMAÑO.

Contenido de humedad de partículas finas (CwPf) (%):	
Contenido de humedad de partículas de sobretamaño (CwPs) (%):	
Porcentaje de Partículas finas (Pf):	
Porcentaje de Partículas de Sobretamaño (Ps):	

RESULTADOS OBTENIDOS DE CORRECCIÓN.

Corrección de Humedad Optima (%):	
Corrección de Densidad Seca Máxima (kg/m³):	

Anexo 25. Determinación de la relación densidad-humedad de suelo (AASHTO T-180) para 15% de NaCl primera repetición.

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DENSIDAD-HUMEDAD DE SUELO (AASHTO T-180).

INFORMACIÓN GENERAL.

Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante 15% de sal

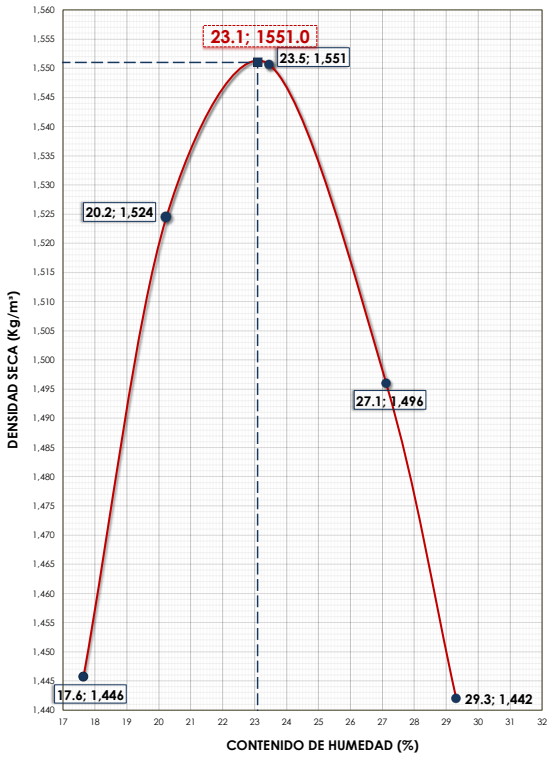
Procedencia: UES-FMO (PCA 2)

Fecha de Muestreo: 15-febrero-2019 **Fecha de Ensayo:** 13-marzo-2019

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DE SUELO.					
Ensayo No.	1	2	3	4	5
% Agua de Ensayo:	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0
Agua para Ensayo (ml):					
Suelo Húmedo + Molde (g):	5,643	5,768	5,845	5,833	5,798
Masa de Molde (g):	4,034	4,034	4,034	4,034	4,034
Volumen de Molde (cm³):	946	946	946	946	946
Densidad Húmeda (kg/m³):	1,701	1,833	1,914	1,902	1,865
Densidad Seca (kg/m³):	**1,446**	**1,524**	**1,551**	**1,496**	**1,442**

CONTENIDO DE HUMEDAD.															
Descripción.	Antes de Compactación.					Después de Compactación.									
Ensayo No.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
Masa de Tara (g):						192.0	132.0	132.0	192.0	174.0					
Masa de Suelo Hum. + Tara (g):						492.0	435.0	432.0	492.0	474.0					
Masa de Suelo Seco + Tara (g):						447.0	384.0	375.0	428.0	406.0					
Masa de Agua (g):						45.0	51.0	57.0	64.0	68.0					
Masa de Suelo Seco (g):						255.0	252.0	243.0	236.0	232.0					
Contenido de Humedad (%):						**17.6**	**20.2**	**23.5**	**27.1**	**29.3**					

CURVA DE COMPACTACIÓN DE SUELO.



RESULTADOS OBTENIDOS.

Densidad Seca Máxima (kg/m³): 1,551

Contenido de Humedad Optimo (%) 23.1

MÉTODO DE ENSAYO.

Método: B Peso de Martillo (lb): 10.0

Diámetro de Molde (pulg): 4.0 Altura de Caída (pulg): 18.0

Numero de Capas: 5 No. de golpes/capa: 25

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL.

Clasificación:

Tipo de Mezcla: Suelo - NaCl

Porcentaje de NaCl: 15%

Tipo de Cemento:

CORRECCIÓN POR PARTÍCULAS DE SOBRETAMAÑO (AASHTO T-224).

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE PARTÍCULAS GRUESAS (AASHTO T-85).

Ensayo No.	1	2
Masa de Muestra Seca (g):		
Masa de Muestra SSS (g):		
Masa de Muestra Sumergida (g):		
Gravedad Especifica de partículas:		
Gravedad Especifica promedio:		

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FINAS Y DE SOBRETAMAÑO.

Contenido de humedad de partículas finas (CwPf) (%):

Contenido de humedad de partículas de sobretamaño (CwPs) (%):

Porcentaje de Partículas finas (Pf):

Porcentaje de Partículas de Sobretamaño (Ps):

RESULTADOS OBTENIDOS DE CORRECCIÓN.

Corrección de Humedad Optima (%):

Corrección de Densidad Seca Máxima (kg/m³):

Anexo 26. Determinación de la relación densidad-humedad de suelo (AASHTO T-180) para 20% de NaCl.

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DENSIDAD-HUMEDAD DE SUELO (AASHTO T-180).

INFORMACIÓN GENERAL.

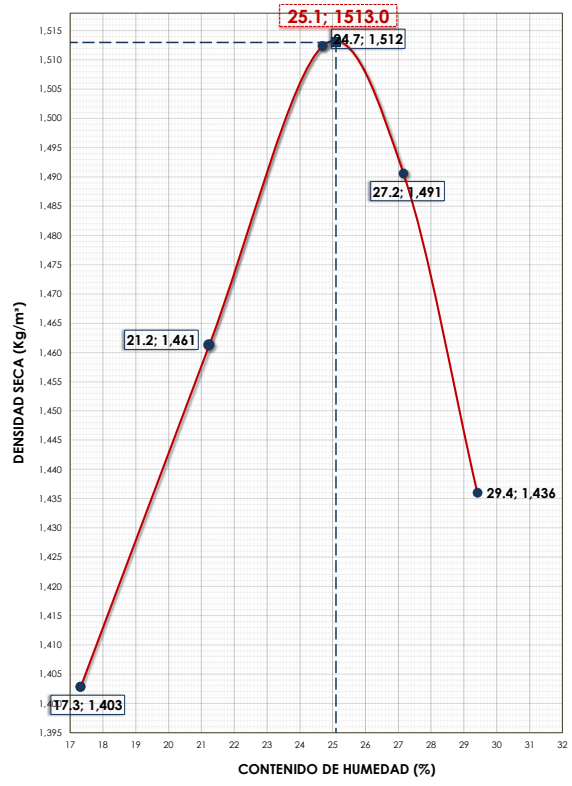
Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante 20% de sal

Procedencia: UES-FMO (PCA 1)

Fecha de Muestreo: 15-febrero-2019 **Fecha de Ensayo:** 14-marzo-2019

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DE SUELO.						CONTENIDO DE HUMEDAD.										
						Descripción.	Antes de Compactación.					Después de Compactación.				
Ensayo No.	1	2	3	4	5	Ensayo No.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
% Agua de Ensayo:	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0											
Agua para Ensayo (ml):						Masa de Tara (g):						174.0	175.0	197.0	192.0	197.0
Suelo Húmedo + Molde (g):	5,591	5,710	5,818	5,827	5,792	Masa de Suelo Hum. + Tara (g):						499.0	506.0	505.0	501.0	505.0
Masa de Molde (g):	4,034	4,034	4,034	4,034	4,034	Masa de Suelo Seco + Tara (g):						451.0	448.0	444.0	435.0	435.0
Volumen de Molde (cm³):	946	946	946	946	946	Masa de Agua (g):						48.0	58.0	61.0	66.0	70.0
Densidad Húmeda (kg/m³):	1,646	1,772	1,886	1,895	1,858	Masa de Suelo Seco (g):						277.0	273.0	247.0	243.0	238.0
Densidad Seca (kg/m³):	**1,403**	**1,461**	**1,512**	**1,491**	**1,436**	Contenido de Humedad (%):						**17.3**	**21.2**	**24.7**	**27.2**	**29.4**

CURVA DE COMPACTACIÓN DE SUELO.



RESULTADOS OBTENIDOS.

Densidad Seca Máxima (kg/m³):	1,513
Contenido de Humedad Optimo (%)	25.1

MÉTODO DE ENSAYO.

Método:	B	Peso de Martillo (lb):	10.0
Diámetro de Molde (pulg):	4.0	Altura de Caída (pulg):	18.0
Numero de Capas:	5	No. de golpes/capa:	25

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL.

Clasificación:	
Tipo de Mezcla:	Suelo - NaCl
Porcentaje de NaCl:	20%
Tipo de Cemento:	

CORRECCIÓN POR PARTÍCULAS DE SOBRETAMAÑO (AASHTO T-224).

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE PARTÍCULAS GRUESAS (AASHTO T-85).

Ensayo No.	1	2
Masa de Muestra Seca (g):		
Masa de Muestra SSS (g):		
Masa de Muestra Sumergida (g):		
Gravedad Especifica de partículas:		
Gravedad Especifica promedio:		

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FINAS Y DE SOBRETAMAÑO.

Contenido de humedad de partículas finas (CwPf) (%):	
Contenido de humedad de partículas de sobretamaño (CwPs) (%):	
Porcentaje de Partículas finas (Pf):	
Porcentaje de Partículas de Sobretamaño (Ps):	

RESULTADOS OBTENIDOS DE CORRECCIÓN.

Corrección de Humedad Optima (%):	
Corrección de Densidad Seca Máxima (kg/m³):	

Anexo 27. Determinación de la relación densidad-humedad de suelo (AASHTO T-180) para 20% de NaCl primera repetición.

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DENSIDAD-HUMEDAD DE SUELO (AASHTO T-180).

INFORMACIÓN GENERAL.

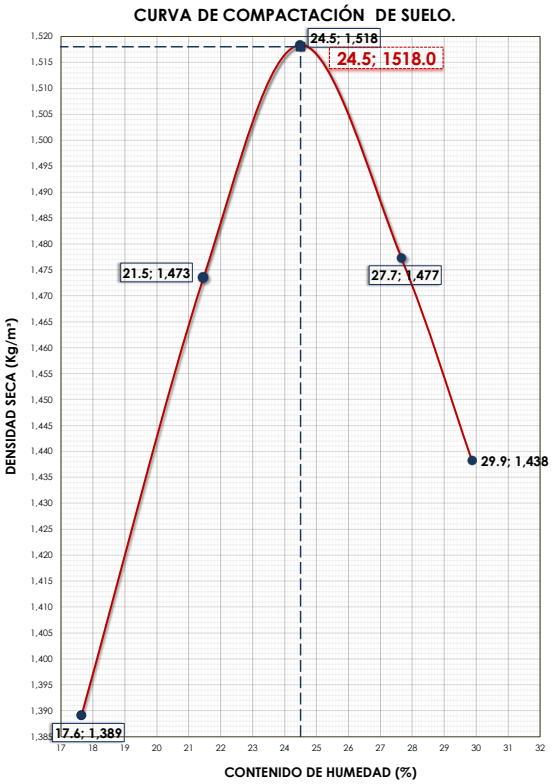
Proyecto: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante 20% de sal

Procedencia: UES-FMO (PCA 2)

Fecha de Muestreo: 15-febrero-2019 **Fecha de Ensayo:** 14-marzo-2019

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DE SUELO.					
Ensayo No.	1	2	3	4	5
% Agua de Ensayo:	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0
Agua para Ensayo (ml):					
Suelo Húmedo + Molde (g):	5,580	5,727	5,822	5,818	5,801
Masa de Molde (g):	4,034	4,034	4,034	4,034	4,034
Volumen de Molde (cm³):	946	946	946	946	946
Densidad Húmeda (kg/m³):	1,634	1,790	1,890	1,886	1,868
Densidad Seca (kg/m³):	**1,389**	**1,473**	**1,518**	**1,477**	**1,438**

CONTENIDO DE HUMEDAD.															
Descripción.	Antes de Compactación.					Después de Compactación.									
Ensayo No.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Masa de Tara (g):						96.0	96.0	192.0	174.0	96.0					
Masa de Suelo Hum. + Tara (g):						396.0	396.0	492.0	474.0	396.0					
Masa de Suelo Seco + Tara (g):						351.0	343.0	433.0	409.0	327.0					
Masa de Agua (g):						45.0	53.0	59.0	65.0	69.0					
Masa de Suelo Seco (g):						255.0	247.0	241.0	235.0	231.0					
Contenido de Humedad (%):						**17.6**	**21.5**	**24.5**	**27.7**	**29.9**					



RESULTADOS OBTENIDOS.

Densidad Seca Máxima (kg/m³): 1,518

Contenido de Humedad Optimo (%) 24.5

MÉTODO DE ENSAYO.

Método: B Peso de Martillo (lb): 10.0

Diámetro de Molde (pulg): 4.0 Altura de Caída (pulg): 18.0

Numero de Capas: 5 No. de golpes/capa: 25

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL.

Clasificación:

Tipo de Mezcla: Suelo - NaCl

Porcentaje de NaCl: 20%

Tipo de Cemento:

CORRECCIÓN POR PARTÍCULAS DE SOBRETAMAÑO (AASHTO T-224).

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE PARTÍCULAS GRUESAS (AASHTO T-85).

Ensayo No.	1	2
Masa de Muestra Seca (g):		
Masa de Muestra SSS (g):		
Masa de Muestra Sumergida (g):		
Gravedad Especifica de partículas:		
Gravedad Especifica promedio:		

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FINAS Y DE SOBRETAMAÑO.

Contenido de humedad de partículas finas (CwPf) (%):

Contenido de humedad de partículas de sobretamaño (CwPs) (%):

Porcentaje de Partículas finas (Pf):

Porcentaje de Partículas de Sobretamaño (Ps):

RESULTADOS OBTENIDOS DE CORRECCIÓN.

Corrección de Humedad Optima (%):

Corrección de Densidad Seca Máxima (kg/m³):

Anexo 28. Valor soportante relativo (C. B. R.) para suelo natural

VALOR SOPORTANTE RELATIVO (C. B. R.) AASTHO T - 193

INFORMACION GENERAL.

SOLICITANTE:
PROYECTO: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante. 0% de NaCl

P.C.A. Nº: 1 **Muestra Nº:** 1 **PROFUNDIDAD (Desde-Hasta) (m):** 0.00 - 1.00
FECHA DE PREPARACION: 15-febrero-2019 **FECHA DE ENSAYO:**

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES

Molde No.	1	2	3
Golpes por Capa	65	30	10
Masa de Suelo (g)	6,500	6,500	6,500
Agua Agregada (ml)	1,238	1,238	1,238
Masa Suelo Humedo + Molde (g)	10,398	10,640	10,610
Masa de Molde (g)	6,437	6,843	7,073
Masa de Suelo Humedo (g)	3,961	3,797	3,537
Capacidad Molde (m³)	2,144	2,107	2,058
Contenido de Agua (%)	29.1	29.2	31.4
Peso Volumetrico Humedo (kg/m³)	1,847	1,802	1,719
Peso Volumetrico Seco (kg/m³)	1,431	1,395	1,308
Masa de Suelo Sat. + Molde (Antes de Penetracion) (g)	10,714	11,016	11,167
Masa de Suelo Sat + Molde (Despues de Penetracion) (g)	10,712	11,015	11,158
Masa de Suelo Saturado Despues de Penetracion (g)	4,275	4,172	4,085
Peso Volumetrico Humedo (Saturado)(kg/m³)	1,994	1,980	1,985

CALCULO DE HUMEDADES

DESCRIPCION	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion
Masa de Suelo Humedo + Tara (g)	522.0	512.0	490.0	472.0	453.0	489.0	464.0	485.0	492.0
Masa de Suelo Seco + Tara (g)	444.0	441.0	383.0	404.0	394.0	378.0	401.0	413.0	372.0
Masa de Tara (g)	197.0	197.0	192.0	196.0	192.0	173.0	197.0	184.0	175.0
Contenido de Humedad (%)	**31.6**	**29.1**	**56.0**	**32.7**	**29.2**	**54.1**	**30.9**	**31.4**	**60.9**

HINCHAMIENTO

Molde No.	1/65G		2/30G		3/10G	
Sobrecarga	10 lbs		10 lbs		10 lbs	
Fecha	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento
07-feb.-19	7	0	6	0	10	0
08-feb.-19	2	0.0172	2	0.0172	3	0.0258
09-feb.-19	2	0.0172	2	0.0172	1	0.0086
10-feb.-19	1	0.0086	1	0.0086	1	0.0086
11-feb.-19	2	0.0172	2	0.0172	1	0.0086

VALORES OBTENIDOS AASHTO T-180

PVS Maximo (kg/m³)	1,437
W Optima (%)	28.6
PVS Maximo Corregido (kg/m³)	
W Optima Corregido(%)	
Metodo de Ensayo	A

CLASIFICACION DE SUELOS

ASTM	SM
AASHTO	A-1-b(0)

VALORES DE C.B.R.

Molde	CBR % (Lect 0.10")	CBR % (Lect 0.20")
3/10G	0	0
2/30G	0	0
1/65G	0	0

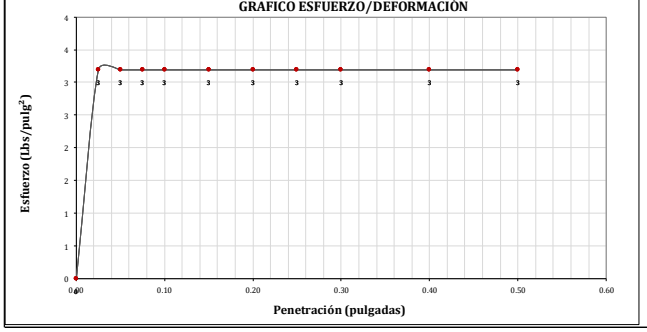
RESULTADOS OBTENIDOS

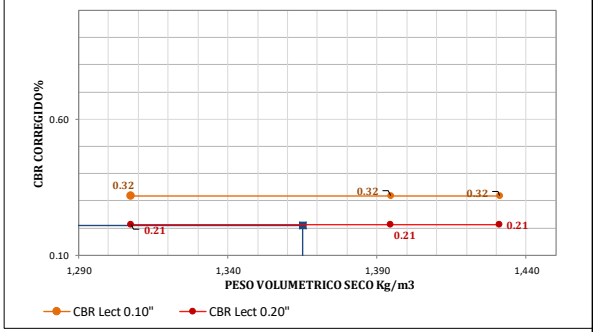
95% PVS Maximo kg/m³	1,365
C.B.R de Laboratorio (%)	**0.21**

MOLDE No.	1/65G	2/30G	3/10G
HINCH.PROM. %	0.015	0.015	0.013

RESISTENCIA A LA PENETRACION

Penetración en pulgadas	MOLDE No. 1/65G		MOLDE No. 2/30G		MOLDE No. 3/10G	
	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.
	Lect.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²
0.000	0	0	0	0	0	0
0.025	0	3	0	3	0	3
0.050	0	3	0	3	0	3
0.075	0	3	0	3	0	3
0.100	0	3	0	3	0	3
0.150	0	3	0	3	0	3
0.200	0	3	0	3	0	3
0.250	0	3	0	3	0	3
0.300	0	3	0	3	0	3
0.400	0	3	0	3	0	3
0.500	0	3	0	3	0	3





Nota: Para el calculo de CBR de Laboratorio se empleo el Peso Volumetrico Seco Maximo obtenido del Ensayo Relacion Densidad - Humedad AASHTO T-180

Realizo
Tec. Oscar Rene Chica
Técnico de Laboratorio

Reviso:
Ing. Roman Zavala Flores
Gerente Tecnico

Anexo 29. Valor soportante relativo (C. B. R.) para suelo natural primera repetición.

VALOR SOPORTANTE RELATIVO (C. B. R.) AASHTO T - 193

INFORMACION GENERAL.

SOLICITANTE:
PROYECTO: CBR 0% SAL

P.C.A. Nº: 2 **Muestra Nº:** 1 **PROFUNDIDAD (Desde-Hasta) (m):** 0.00 - 1.00
FECHA DE PREPARACION: **FECHA DE ENSAYO:**

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES

Molde No.	1	2	3
Golpes por Capa	65	30	10
Masa de Suelo (g)	6,500	6,500	6,500
Agua Agregada (ml)	1,238	1,238	1,238
Masa Suelo Humedo + Molde (g)	10,385	10,624	10,596
Masa de Molde (g)	6,437	6,843	7,073
Masa de Suelo Humedo (g)	3,948	3,781	3,523
Capacidad Molde (m³)	2,144	2,107	2,058
Contenido de Agua (%)	28.8	29.3	29.3
Peso Volumetrico Humedo (kg/m³)	1,841	1,794	1,712
Peso Volumetrico Seco (kg/m³)	1,430	1,388	1,324
Masa de Suelo Sat. + Molde (Antes de Penetracion) (g)	10,714	11,016	11,167
Masa de Suelo Sat + Molde (Despues de Penetracion) (g)	10,712	11,015	11,158
Masa de Suelo Saturado Despues de Penetracion (g)	4,275	4,172	4,085
Peso Volumetrico Humedo (Saturado)(kg/m³)	1,994	1,980	1,985

CALCULO DE HUMEDADES

DESCRIPCION	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion
Masa de Suelo Humedo + Tara (g)	496.0	475.0	492.0	396.0	475.0	473.0	497.0	484.0	475.0
Masa de Suelo Seco + Tara (g)	428.0	408.0	383.0	327.0	407.0	368.0	429.0	416.0	362.0
Masa de Tara (g)	196.0	175.0	192.0	96.0	175.0	173.0	197.0	184.0	175.0
Contenido de Humedad (%)	**29.3**	**28.8**	**57.1**	**29.9**	**29.3**	**53.8**	**29.3**	**29.3**	**60.4**

HINCHAMIENTO

Molde No.	1/65G		2/30G		3/10G	
Sobrecarga	10 lbs		10 lbs		10 lbs	
Fecha	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento
07-feb.-19	6	0	5	0	9	0
08-feb.-19	3	0.0258	2	0.0172	4	0.0344
09-feb.-19	1	0.0086	2	0.0172	1	0.0086
10-feb.-19	2	0.0172	2	0.0172	1	0.0086
11-feb.-19	1	0.0086	1	0.0086	1	0.0086

VALORES OBTENIDOS AASHTO T-180

PVS Maximo (kg/m³)	1,427
W Optima (%)	29.5
PVS Maximo Corregido (kg/m³)	
W Optima Corregido(%)	
Metodo de Ensayo	A

CLASIFICACION DE SUELOS

ASTM	CH
AASHTO	A-7-5

VALORES DE C.B.R.

Molde	CBR % (Lect 0.10")	CBR % (Lect 0.20")
3/10G	0.32	0.21
2/30G	0.32	0.21
1/65G	0.32	0.21

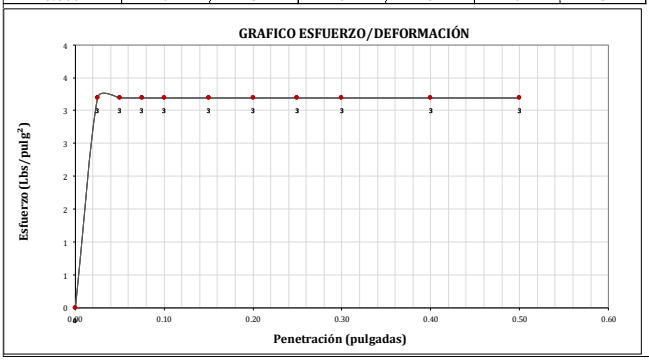
RESULTADOS OBTENIDOS

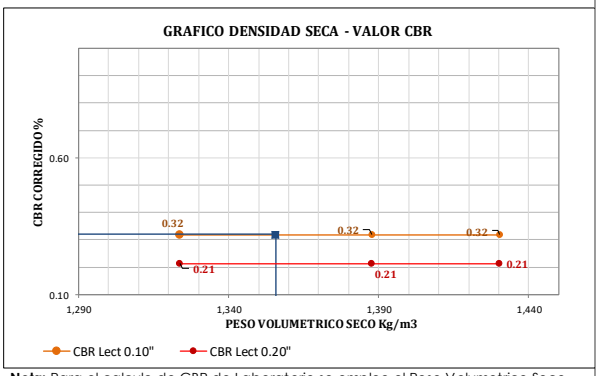
95% PVS Maximo kg/m³	1,356
C.B.R de Laboratorio (%)	**0.32**

MOLDE No.	1/65G	2/30G	3/10G
HINCH.PROM. %	0.015	0.015	0.015

RESISTENCIA A LA PENETRACION

Penetración en pulgadas	MOLDE No. 1/65G		MOLDE No. 2/30G		MOLDE No. 3/10G	
	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.
	Lect.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²
0.000	0	0	0	0	0	0
0.025	0	3	0	3	0	3
0.050	0	3	0	3	0	3
0.075	0	3	0	3	0	3
0.100	0	3	0	3	0	3
0.150	0	3	0	3	0	3
0.200	0	3	0	3	0	3
0.250	0	3	0	3	0	3
0.300	0	3	0	3	0	3
0.400	0	3	0	3	0	3
0.500	0	3	0	3	0	3





Nota: Para el calculo de CBR de Laboratorio se empleo el Peso Volumetrico Seco Maximo obtenido del Ensayo Relacion Densidad - Humedad AASHTO T-180

Realizo
Tec. Oscar Rene Chica
Técnico de Laboratorio

Reviso:
Ing. Roman Zavala Flores
Gerente Tecnico

Anexo 30. Valor soportante relativo (C. B. R.) para suelo natural segunda repetición.

VALOR SOPORTANTE RELATIVO (C. B. R.) AASHTO T - 193

INFORMACION GENERAL.

SOLICITANTE:
PROYECTO: CBR 0% SAL

P.C.A. Nº: 2 **Muestra Nº:** 2 **PROFUNDIDAD (Desde-Hasta) (m):** 0.00 - 1.00
FECHA DE PREPARACION: **FECHA DE ENSAYO:**

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES

Molde No.	1	2	3
Golpes por Capa	65	30	10
Masa de Suelo (g)	6,500	6,500	6,500
Agua Agregada (ml)	1,238	1,238	1,238
Masa Suelo Humedo + Molde (g)	10,410	10,655	10,625
Masa de Molde (g)	6,437	6,843	7,073
Masa de Suelo Humedo (g)	3,973	3,812	3,552
Capacidad Molde (m³)	2,144	2,107	2,058
Contenido de Agua (%)	29.9	29.9	29.3
Peso Volumetrico Humedo (kg/m³)	1,853	1,809	1,726
Peso Volumetrico Seco (kg/m³)	1,427	1,393	1,335
Masa de Suelo Sat. + Molde (Antes de Penetracion) (g)	10,714	11,016	11,167
Masa de Suelo Sat + Molde (Despues de Penetracion) (g)	10,712	11,015	11,158
Masa de Suelo Saturado Despues de Penetracion (g)	4,275	4,172	4,085
Peso Volumetrico Humedo (Saturado)(kg/m³)	1,994	1,980	1,985

CALCULO DE HUMEDADES

DESCRIPCION	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion
Masa de Suelo Humedo + Tara (g)	496.0	396.0	475.0	496.0	492.0	473.0	497.0	396.0	475.0
Masa de Suelo Seco + Tara (g)	426.0	327.0	366.0	427.0	423.0	365.0	428.0	328.0	360.0
Masa de Tara (g)	196.0	96.0	175.0	196.0	192.0	173.0	197.0	96.0	175.0
Contenido de Humedad (%)	**30.4**	**29.9**	**57.1**	**29.9**	**29.9**	**56.3**	**29.9**	**29.3**	**62.2**

HINCHAMIENTO

Molde No.	1/65G		2/30G		3/10G	
Sobrecarga	10 lbs		10 lbs		10 lbs	
Fecha	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento
07-feb.-19	5	0	5	0	9	0
08-feb.-19	3	0.0258	3	0.0258	4	0.0344
09-feb.-19	2	0.0172	2	0.0172	1	0.0086
10-feb.-19	1	0.0086	1	0.0086	1	0.0086
11-feb.-19	1	0.0086	1	0.0086	1	0.0086

VALORES OBTENIDOS AASHTO T-180

PVS Maximo (kg/m³)	1,422
W Optima (%)	30.1
PVS Maximo Corregido (kg/m³)	
W Optima Corregido(%)	
Metodo de Ensayo	A

CLASIFICACION DE SUELOS

ASTM	CH
AASHTO	A-7-5

VALORES DE C.B.R.

Molde	CBR % (Lect 0.10")	CBR % (Lect 0.20")
3/10G	0.32	0.21
2/30G	0.32	0.21
1/65G	0.32	0.21

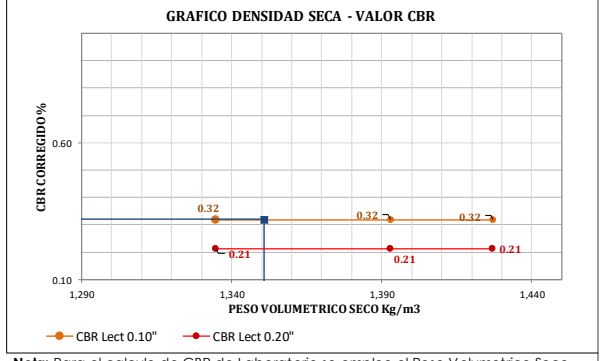
RESULTADOS OBTENIDOS

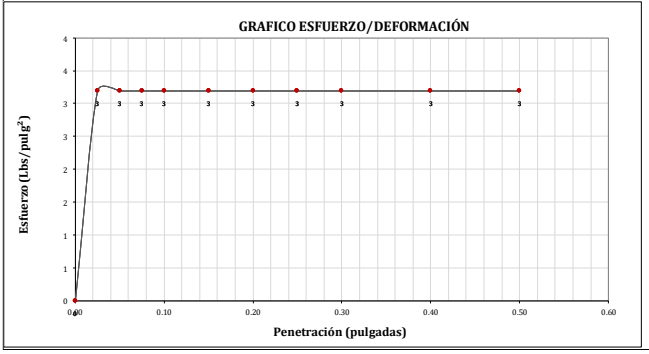
95% PVS Maximo kg/m³	1,351
C.B.R de Laboratorio (%)	**0.32**

MOLDE No.	1/65G	2/30G	3/10G
HINCH.PROM. %	0.015	0.015	0.015

RESISTENCIA A LA PENETRACION

Penetración en pulgadas	MOLDE No. 1/65G		MOLDE No. 2/30G		MOLDE No. 3/10G	
	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.
	Lect.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²
0.000	0	0	0	0	0	0
0.025	0	3	0	3	0	3
0.050	0	3	0	3	0	3
0.075	0	3	0	3	0	3
0.100	0	3	0	3	0	3
0.150	0	3	0	3	0	3
0.200	0	3	0	3	0	3
0.250	0	3	0	3	0	3
0.300	0	3	0	3	0	3
0.400	0	3	0	3	0	3
0.500	0	3	0	3	0	3





Nota: Para el calculo de CBR de Laboratorio se empleo el Peso Volumetrico Seco Maximo obtenido del Ensayo Relacion Densidad - Humedad AASHTO T-180

Realizo
Tec. Oscar Rene Chica
Técnico de Laboratorio

Reviso:
Ing. Roman Zavala Flores
Gerente Tecnico

Anexo 31. Valor soportante relativo (C. B. R.) para 5% de NaCl.

VALOR SOPORTANTE RELATIVO (C. B. R.) AASTHO T - 193

INFORMACION GENERAL.

SOLICITANTE:
PROYECTO: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante. 5% de NaCl

P.C.A. Nº: 1 **Muestra Nº:** 1 **PROFUNDIDAD (Desde-Hasta) (m):** 0.00 - 1.00
FECHA DE PREPARACION: **FECHA DE ENSAYO:**

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES

Molde No.	1	2	3
Golpes por Capa	65	30	10
Masa de Suelo (g)	6,500	6,500	6,500
Agua Agregada (ml)	936	936	936
Masa Suelo Humedo + Molde (g)	10,525	10,733	10,616
Masa de Molde (g)	6,437	6,843	7,073
Masa de Suelo Humedo (g)	4,088	3,890	3,543
Capacidad Molde (m³)	2,144	2,107	2,058
Contenido de Agua (%)	22.8	24.6	22.5
Peso Volumetrico Humedo (kg/m³)	1,907	1,846	1,722
Peso Volumetrico Seco (kg/m³)	1,553	1,482	1,405
Masa de Suelo Sat. + Molde (Antes de Penetracion) (g)	10,826	11,039	11,047
Masa de Suelo Sat + Molde (Despues de Penetracion) (g)	10,820	11,035	11,044
Masa de Suelo Saturado Despues de Penetracion (g)	4,383	4,192	3,971
Peso Volumetrico Humedo (Saturado)(kg/m³)	2,044	1,990	1,930

CALCULO DE HUMEDADES

DESCRIPCION	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion
Masa de Suelo Humedo + Tara (g)	478.0	475.0	471.0	482.0	479.0	379.0	477.0	502.0	498.0
Masa de Suelo Seco + Tara (g)	421.0	419.0	373.0	425.0	419.0	284.0	419.0	446.0	382.0
Masa de Tara (g)	175.0	173.0	174.0	175.0	175.0	97.0	175.0	197.0	174.0
Contenido de Humedad (%)	**23.2**	**22.8**	**49.2**	**22.8**	**24.6**	**50.8**	**23.8**	**22.5**	**55.8**

HINCHAMIENTO

Molde No.	1/65G		2/30G		3/10G	
Sobrecarga	10 lbs		10 lbs		10 lbs	
Fecha	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento
26-mar.-19	0	0	0	0	0	0
27-mar.-19	8	0.0687	7	0.0601	5	0.0429
28-mar.-19	1	0.0086	1	0.0086	1	0.0086
29-mar.-19	1	0.0086	1	0.0086	1	0.0086
30-mar.-19	1	0.0086	1	0.0086	0	0.0000

VALORES OBTENIDOS AASHTO T-180

PVS Maximo (kg/m³)	1,556
W Optima (%)	23.2
PVS Maximo Corregido (kg/m³)	
W Optima Corregido(%)	
Metodo de Ensayo	A
CLASIFICACION DE SUELOS	
ASTM	SM
AASHTO	A-1-b(0)

VALORES DE C.B.R.

Molde	CBR % (Lect 0.10")	CBR % (Lect 0.20")
3/10G	0.32	0.21
2/30G	0.32	0.21
1/65G	0.32	0.21

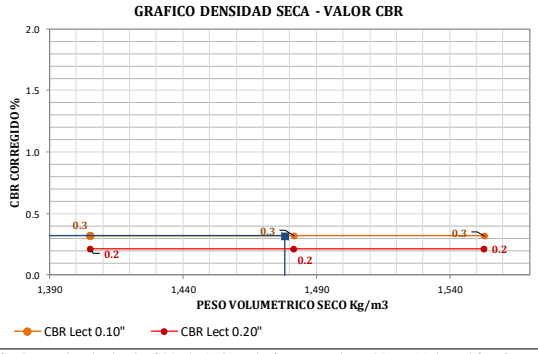
RESULTADOS OBTENIDOS

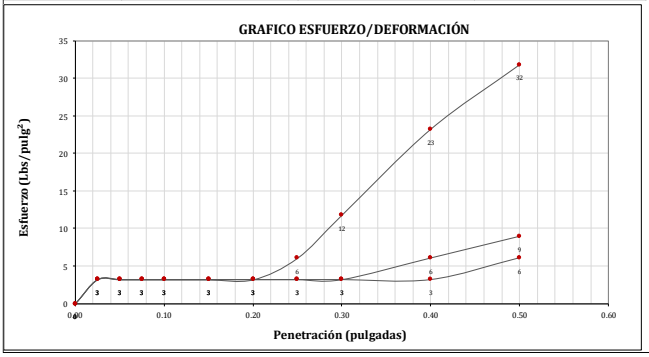
95% PVS Maximo kg/m³	1,478
C.B.R de Laboratorio (%)	**0.32**

MOLDE No.	1/65G	2/30G	3/10G
HINCH.PROM. %	0.024	0.021	0.015

RESISTENCIA A LA PENETRACION

Penetración en pulgadas	MOLDE No. 1/65G		MOLDE No. 2/30G		MOLDE No. 3/10G	
	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.
	Lect.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²
0.000	0	0	0	0	0	0
0.025	0	3	0	3	0	3
0.050	0	3	0	3	0	3
0.075	0	3	0	3	0	3
0.100	0	3	0	3	0	3
0.150	0	3	0	3	0	3
0.200	0	3	0	3	0	3
0.250	0	3	1	6	0	3
0.300	0	3	3	12	0	3
0.400	1	6	7	23	0	3
0.500	2	9	10	32	1	6





Nota: Para el calculo de CBR de Laboratorio se empleo el Peso Volumetrico Seco Maximo obtenido del Ensayo Relacion Densidad - Humedad AASHTO T-180

Realizo
Tec. Oscar Rene Chica
Técnico de Laboratorio

Reviso:
Ing. Roman Zavala Flores
Gerente Tecnico

Anexo 32. Valor soportante relativo (C. B. R.) para 5% de NaCl primera repetición.

VALOR SOPORTANTE RELATIVO (C. B. R.) AASTHO T - 193

INFORMACION GENERAL.

SOLICITANTE:
PROYECTO: 6% repeticion

P.C.A. Nº: 2 **Muestra Nº:** 1 **PROFUNDIDAD (Desde-Hasta) (m):** 0.00 - 1.00
FECHA DE PREPARACION: **FECHA DE ENSAYO:**

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES

Molde No.	1	2	3
Golpes por Capa	65	30	10
Masa de Suelo (g)	6,000	6,000	6,000
Agua Agregada (ml)	651	651	651
Masa Suelo Humedo + Molde (g)	11,122	10,881	10,792
Masa de Molde (g)	7,124	7,089	7,177
Masa de Suelo Humedo (g)	3,998	3,792	3,615
Capacidad Molde (m³)	2,103	2,083	2,079
Contenido de Agua (%)	22.3	22.4	22.4
Peso Volumetrico Humedo (kg/m³)	1,901	1,820	1,739
Peso Volumetrico Seco (kg/m³)	1,554	1,488	1,420
Masa de Suelo Sat. + Molde (Antes de Penetracion) (g)	11,573	11,500	11,419
Masa de Suelo Sat + Molde (Despues de Penetracion) (g)	11,568	11,499	11,414
Masa de Suelo Saturado Despues de Penetracion (g)	4,444	4,410	4,237
Peso Volumetrico Humedo (Saturado)(kg/m³)	2,113	2,117	2,038

CALCULO DE HUMEDADES

DESCRIPCION	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion
Masa de Suelo Humedo + Tara (g)	390.0	503.0	492.0	396.0	476.0	475.0	495.0	475.0	512.0
Masa de Suelo Seco + Tara (g)	335.0	447.0	376.0	340.0	421.0	363.0	439.0	420.0	381.0
Masa de Tara (g)	96.0	196.0	192.0	96.0	175.0	175.0	195.0	175.0	195.0
Contenido de Humedad (%)	**23.0**	**22.3**	**63.0**	**23.0**	**22.4**	**59.6**	**23.0**	**22.4**	**70.4**

HINCHAMIENTO

Molde No.	1/65G		2/30G		3/10G	
Sobrecarga	10 lbs		10 lbs		10 lbs	
Fecha	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento
16-may.-19	0	0	0	0	0	0
17-may.-19	9	0.0773	8	0.0687	6	0.0515
18-may.-19	4	0.0344	2	0.0172	3	0.0258
19-may.-19	2	0.0172	2	0.0172	2	0.0172
20-may.-19	1	0.0086	1	0.0086	1	0.0086

VALORES OBTENIDOS AASHTO T-180

PVS Maximo (kg/m³)	1,550
W Optima (%)	23.5
PVS Maximo Corregido (kg/m³)	
W Optima Corregido(%)	
Metodo de Ensayo	A

CLASIFICACION DE SUELOS

ASTM	CH
AASHTO	A-7-5

VALORES DE C.B.R.

Molde	CBR % (Lect 0.10")	CBR % (Lect 0.20")
3/10G	0.32	0.21
2/30G	0.32	0.21
1/65G	0.32	0.21

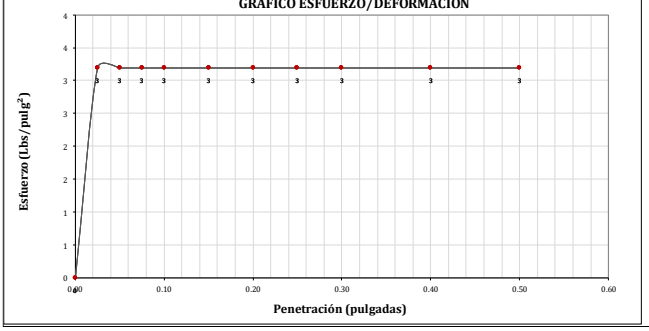
RESULTADOS OBTENIDOS

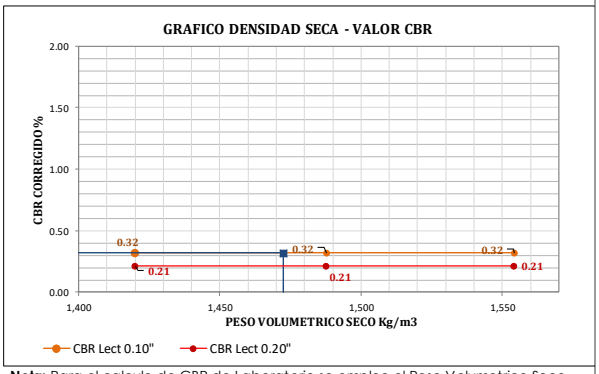
95% PVS Maximo kg/m³	1,473
C.B.R de Laboratorio (%)	**0.32**

MOLDE No.	1/65G	2/30G	3/10G
HINCH.PROM. %	0.034	0.028	0.026

RESISTENCIA A LA PENETRACION

Penetración en pulgadas	MOLDE No. 1/65G		MOLDE No. 2/30G		MOLDE No. 3/10G	
	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.
	Lect.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²
0.000	0	0	0	0	0	0
0.025	0	3	0	3	0	3
0.050	0	3	0	3	0	3
0.075	0	3	0	3	0	3
0.100	0	3	0	3	0	3
0.150	0	3	0	3	0	3
0.200	0	3	0	3	0	3
0.250	0	3	0	3	0	3
0.300	0	3	0	3	0	3
0.400	0	3	0	3	0	3
0.500	0	3	0	3	0	3





Nota: Para el calculo de CBR de Laboratorio se empleo el Peso Volumetrico Seco Maximo obtenido del Ensayo Relacion Densidad - Humedad AASHTO T-180

Realizo
Tec. Oscar Rene Chica
Técnico de Laboratorio

Reviso:
Ing. Roman Zavala Flores
Gerente Tecnico

Anexo 33. Valor soportante relativo (C. B. R.) para 5% de NaCl primera repetición.

VALOR SOPORTANTE RELATIVO (C. B. R.) AASHTO T - 193

INFORMACION GENERAL.

SOLICITANTE:
PROYECTO: 6% sal

P.C.A. Nº: 2 **Muestra Nº:** 2 **PROFUNDIDAD (Desde-Hasta) (m):** 0.00 - 1.00
FECHA DE PREPARACION: **FECHA DE ENSAYO:**

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES

Molde No.	1	2	3
Golpes por Capa	65	30	10
Masa de Suelo (g)	6,500	6,500	6,500
Agua Agregada (ml)	936	936	936
Masa Suelo Humedo + Molde (g)	10,559	10,756	10,630
Masa de Molde (g)	6,437	6,843	7,073
Masa de Suelo Humedo (g)	4,122	3,913	3,557
Capacidad Molde (m³)	2,144	2,107	2,058
Contenido de Agua (%)	24.0	23.5	23.0
Peso Volumetrico Humedo (kg/m³)	1,923	1,857	1,728
Peso Volumetrico Seco (kg/m³)	1,551	1,504	1,406
Masa de Suelo Sat. + Molde (Antes de Penetracion) (g)	10,826	11,039	11,047
Masa de Suelo Sat + Molde (Despues de Penetracion) (g)	10,820	11,035	11,044
Masa de Suelo Saturado Despues de Penetracion (g)	4,383	4,192	3,971
Peso Volumetrico Humedo (Saturado)(kg/m³)	2,044	1,990	1,930

CALCULO DE HUMEDADES

DESCRIPCION	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion
Masa de Suelo Humedo + Tara (g)	475.0	473.0	474.0	485.0	475.0	397.0	475.0	497.0	474.0
Masa de Suelo Seco + Tara (g)	417.0	415.0	367.0	424.0	418.0	287.0	418.0	441.0	352.0
Masa de Tara (g)	175.0	173.0	174.0	175.0	175.0	97.0	175.0	197.0	174.0
Contenido de Humedad (%)	**24.0**	**24.0**	**55.4**	**24.5**	**23.5**	**57.9**	**23.5**	**23.0**	**68.5**

HINCHAMIENTO

Molde No.	1/65G		2/30G		3/10G	
Sobrecarga	10 lbs		10 lbs		10 lbs	
Fecha	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento
26-mar.-19	0	0	0	0	0	0
27-mar.-19	7	0.0601	6	0.0515	5	0.0429
28-mar.-19	1	0.0086	2	0.0172	2	0.0172
29-mar.-19	1	0.0086	1	0.0086	1	0.0086
30-mar.-19	0	0.0000	1	0.0086	1	0.0086

VALORES OBTENIDOS AASHTO T-180

PVS Maximo (kg/m³)	1,565
W Optima (%)	24.3
PVS Maximo Corregido (kg/m³)	
W Optima Corregido(%)	
Metodo de Ensayo	A

CLASIFICACION DE SUELOS

ASTM	CH
AASHTO	A-7-5

VALORES DE C.B.R.

Molde	CBR % (Lect 0.10")	CBR % (Lect 0.20")
3/10G	0.32	0.21
2/30G	0.32	0.21
1/65G	0.32	0.21

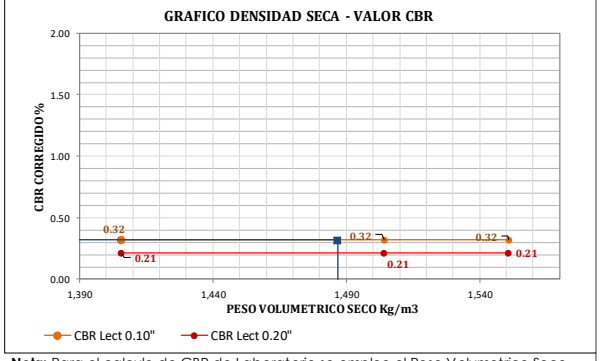
RESULTADOS OBTENIDOS

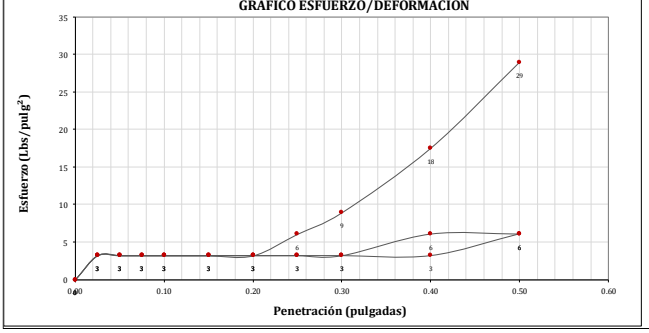
95% PVS Maximo kg/m³	1,487
C.B.R de Laboratorio (%)	**0.32**

MOLDE No.	1/65G	2/30G	3/10G
HINCH.PROM. %	0.019	0.021	0.019

RESISTENCIA A LA PENETRACION

Penetración en pulgadas	MOLDE No. 1/65G		MOLDE No. 2/30G		MOLDE No. 3/10G	
	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.
	Lect.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²
0.000	0	0	0	0	0	0
0.025	0	3	0	3	0	3
0.050	0	3	0	3	0	3
0.075	0	3	0	3	0	3
0.100	0	3	0	3	0	3
0.150	0	3	0	3	0	3
0.200	0	3	0	3	0	3
0.250	0	3	1	6	0	3
0.300	0	3	2	9	0	3
0.400	1	6	5	18	0	3
0.500	1	6	9	29	1	6





Nota: Para el calculo de CBR de Laboratorio se empleo el Peso Volumetrico Seco Maximo obtenido del Ensayo Relacion Densidad - Humedad AASHTO T-180

Realizo
Tec. Oscar Rene Chica
Técnico de Laboratorio

Reviso:
Ing. Roman Zavala Flores
Gerente Tecnico

Anexo 34. Valor soportante relativo (C. B. R.) para 10% de NaCl.

VALOR SOPORTANTE RELATIVO (C. B. R.) AASHTO T - 193

INFORMACION GENERAL.

SOLICITANTE:
PROYECTO: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante. 10% de NaCl

P.C.A. Nº: 1 **Muestra Nº:** 1 **PROFUNDIDAD (Desde-Hasta) (m):** 0.00 - 1.00
FECHA DE PREPARACION: **FECHA DE ENSAYO:**

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES

Molde No.	1	2	3
Golpes por Capa	65	30	10
Masa de Suelo (g)	6,500	6,500	6,500
Agua Agregada (ml)	585	585	585
Masa Suelo Humedo + Molde (g)	11,550	11,099	10,784
Masa de Molde (g)	7,124	7,089	7,177
Masa de Suelo Humedo (g)	4,426	4,010	3,607
Capacidad Molde (m³)	2,103	2,083	2,079
Contenido de Agua (%)	22.0	20.8	20.8
Peso Volumetrico Humedo (kg/m³)	2,105	1,925	1,735
Peso Volumetrico Seco (kg/m³)	1,726	1,594	1,436
Masa de Suelo Sat. + Molde (Antes de Penetracion) (g)	11,676	11,447	11,168
Masa de Suelo Sat + Molde (Despues de Penetracion) (g)	11,670	11,440	11,159
Masa de Suelo Saturado Despues de Penetracion (g)	4,546	4,351	3,982
Peso Volumetrico Humedo (Saturado)(kg/m³)	2,162	2,089	1,915

CALCULO DE HUMEDADES

DESCRIPCION	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion
Masa de Suelo Humedo + Tara (g)	399.0	396.0	303.0	475.0	505.0	372.0	397.0	488.0	375.0
Masa de Suelo Seco + Tara (g)	344.0	342.0	215.0	422.0	452.0	278.0	344.0	434.0	262.0
Masa de Tara (g)	96.0	96.0	97.0	175.0	197.0	174.0	96.0	175.0	144.0
Contenido de Humedad (%)	**22.2**	**22.0**	**74.6**	**21.5**	**20.8**	**90.4**	**21.4**	**20.8**	**95.8**

HINCHAMIENTO

Molde No.	1/65G		2/30G		3/10G	
Sobrecarga	10 lbs		10 lbs		10 lbs	
Fecha	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento
07-feb.-19	0	0	0	0	0	0
08-feb.-19	12	0.1031	13	0.1117	9	0.0773
09-feb.-19	4	0.0344	4	0.0344	4	0.0344
10-feb.-19	3	0.0258	3	0.0258	2	0.0172
11-feb.-19	2	0.0172	1	0.0086	1	0.0086

VALORES OBTENIDOS AASHTO T-180

PVS Maximo (kg/m³)	1,586
W Optima (%)	21.0
PVS Maximo Corregido (kg/m³)	
W Optima Corregido(%)	
Metodo de Ensayo	A

CLASIFICACION DE SUELOS

ASTM	SM
AASHTO	A-1-b(0)

VALORES DE C.B.R.

Molde	CBR % (Lect 0.10")	CBR % (Lect 0.20")
3/10G	0.32	0.21
2/30G	0.32	0.21
1/65G	0.32	0.21

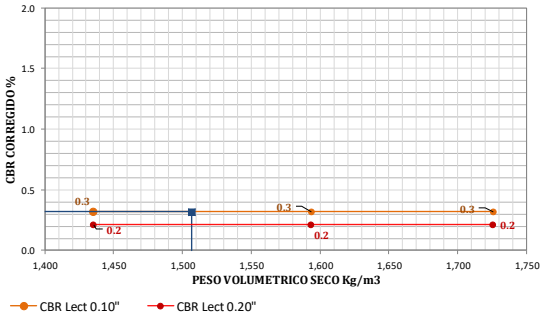
RESULTADOS OBTENIDOS

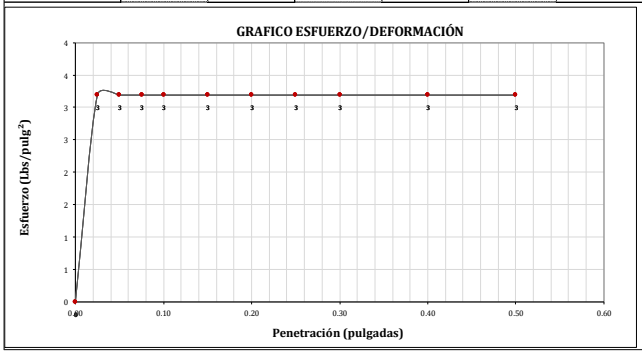
95% PVS Maximo kg/m³	1,507
C.B.R de Laboratorio (%)	**0.32**

MOLDE No.	1/65G	2/30G	3/10G
HINCH.PROM. %	0.045	0.045	0.034

RESISTENCIA A LA PENETRACION

Penetración en pulgadas	MOLDE No. 1/65G		MOLDE No. 2/30G		MOLDE No. 3/10G	
	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.
	Lect.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²
0.000	0	0	0	0	0	0
0.025	0	3	0	3	0	3
0.050	0	3	0	3	0	3
0.075	0	3	0	3	0	3
0.100	0	3	0	3	0	3
0.150	0	3	0	3	0	3
0.200	0	3	0	3	0	3
0.250	0	3	0	3	0	3
0.300	0	3	0	3	0	3
0.400	0	3	0	3	0	3
0.500	0	3	0	3	0	3





Nota: Para el calculo de CBR de Laboratorio se empleo el Peso Volumetrico Seco Maximo obtenido del Ensayo Relacion Densidad - Humedad AASHTO T-180

Realizo
Tec. Oscar Rene Chica
Técnico de Laboratorio

Reviso:
Ing. Roman Zavala Flores
Gerente Tecnico

Anexo 35. Valor soportante relativo (C. B. R.) para 10% de NaCl primera repetición.

VALOR SOPORTANTE RELATIVO (C. B. R.) AASTHO T - 193

INFORMACION GENERAL.

SOLICITANTE:
PROYECTO: 10%

P.C.A. Nº: 2 **Muestra Nº:** 1 **PROFUNDIDAD (Desde-Hasta) (m):** 0.00 - 1.00
FECHA DE PREPARACION: **FECHA DE ENSAYO:**

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES

Molde No.	1	2	3
Golpes por Capa	65	30	10
Masa de Suelo (g)	6,000	6,000	6,000
Agua Agregada (ml)	513	513	588
Masa Suelo Humedo + Molde (g)	10,765	10,695	10,554
Masa de Molde (g)	6,437	6,843	7,073
Masa de Suelo Humedo (g)	4,328	3,852	3,481
Capacidad Molde (m³)	2,144	2,107	2,058
Contenido de Agua (%)	20.5	19.5	19.9
Peso Volumetrico Humedo (kg/m³)	2,019	1,828	1,691
Peso Volumetrico Seco (kg/m³)	1,675	1,530	1,410
Masa de Suelo Sat. + Molde (Antes de Penetracion) (g)	10,850	11,457	11,380
Masa de Suelo Sat + Molde (Despues de Penetracion) (g)	10,844	11,450	11,376
Masa de Suelo Saturado Despues de Penetracion (g)	4,407	4,607	4,303
Peso Volumetrico Humedo (Saturado)(kg/m³)	2,056	2,187	2,091

CALCULO DE HUMEDADES

DESCRIPCION	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion
Masa de Suelo Humedo + Tara (g)	492.0	495.0	495.0	500.0	495.0	500.0	475.0	500.0	515.0
Masa de Suelo Seco + Tara (g)	440.0	444.0	389.0	450.0	446.0	384.0	424.0	446.0	390.0
Masa de Tara (g)	192.0	195.0	195.0	200.0	195.0	200.0	175.0	175.0	215.0
Contenido de Humedad (%)	**21.0**	**20.5**	**54.6**	**20.0**	**19.5**	**63.0**	**20.5**	**19.9**	**71.4**

HINCHAMIENTO

Molde No.	1/65G		2/30G		3/10G	
Sobrecarga	10 lbs		10 lbs		10 lbs	
Fecha	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento
16-may.-19	0	0	0	0	0	0
17-may.-19	6	0.0515	13	0.1117	7	0.0601
18-may.-19	3	0.0258	6	0.0515	6	0.0515
19-may.-19	2	0.0172	4	0.0344	4	0.0344
20-may.-19	1	0.0086	1	0.0086	3	0.0258

VALORES OBTENIDOS AASHTO T-180

PVS Maximo (kg/m³)	1,574
W Optima (%)	21.4
PVS Maximo Corregido (kg/m³)	
W Optima Corregido(%)	
Metodo de Ensayo	A

CLASIFICACION DE SUELOS

ASTM	CH
AASHTO	A-7-5

VALORES DE C.B.R.

Molde	CBR % (Lect 0.10")	CBR % (Lect 0.20")
3/10G	0.32	0.21
2/30G	0.32	0.21
1/65G	0.32	0.21

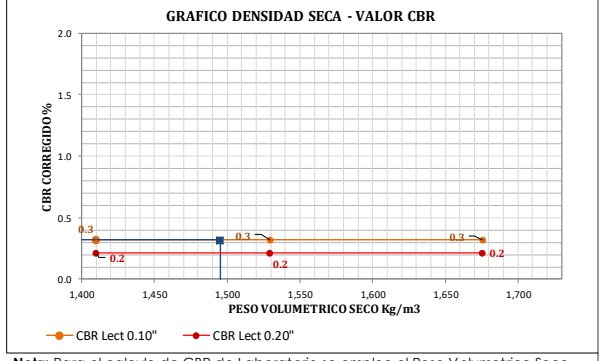
RESULTADOS OBTENIDOS

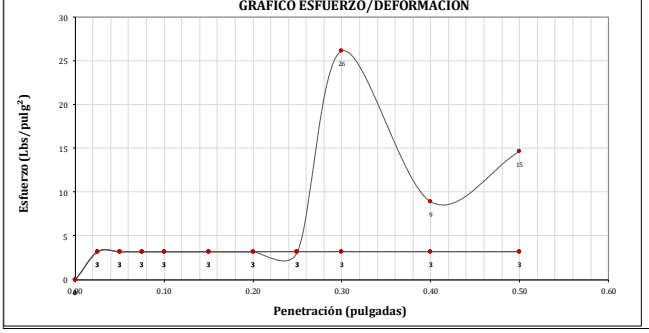
95% PVS Maximo kg/m³	1,495
C.B.R de Laboratorio (%)	**0.32**

MOLDE No.	1/65G	2/30G	3/10G
HINCH.PROM. %	0.026	0.052	0.043

RESISTENCIA A LA PENETRACION

Penetración en pulgadas	MOLDE No. 1/65G		MOLDE No. 2/30G		MOLDE No. 3/10G	
	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.
	Lect.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²
0.000	0	0	0	0	0	0
0.025	0	3	0	3	0	3
0.050	0	3	0	3	0	3
0.075	0	3	0	3	0	3
0.100	0	3	0	3	0	3
0.150	0	3	0	3	0	3
0.200	0	3	0	3	0	3
0.250	0	3	0	3	0	3
0.300	8	26	0	3	0	3
0.400	2	9	0	3	0	3
0.500	4	15	0	3	0	3





Nota: Para el calculo de CBR de Laboratorio se empleo el Peso Volumetrico Seco Maximo obtenido del Ensayo Relacion Densidad - Humedad AASHTO T-180

Realizo
Tec. Oscar Rene Chica
Técnico de Laboratorio

Reviso:
Ing. Roman Zavala Flores
Gerente Tecnico

Anexo 36. Valor soportante relativo (C. B. R.) para 10% de NaCl segunda repetición.

VALOR SOPORTANTE RELATIVO (C. B. R.) AASTHO T - 193

INFORMACION GENERAL.

SOLICITANTE:
PROYECTO: 10%

P.C.A. Nº: 2 **Muestra Nº:** 2 **PROFUNDIDAD (Desde-Hasta) (m):** 0.00 - 1.00
FECHA DE PREPARACION: **FECHA DE ENSAYO:**

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES

	1	2	3
Molde No.			
Golpes por Capa	65	30	10
Masa de Suelo (g)	6,500	6,500	6,500
Agua Agregada (ml)	585	585	585
Masa Suelo Humedo + Molde (g)	11,328	10,892	10,761
Masa de Molde (g)	7,124	7,089	7,177
Masa de Suelo Humedo (g)	4,204	3,803	3,584
Capacidad Molde (m³)	2,103	2,083	2,079
Contenido de Agua (%)	21.0	20.5	20.5
Peso Volumetrico Humedo (kg/m³)	1,999	1,826	1,724
Peso Volumetrico Seco (kg/m³)	1,653	1,515	1,431
Masa de Suelo Sat. + Molde (Antes de Penetracion) (g)	11,676	11,447	11,168
Masa de Suelo Sat + Molde (Despues de Penetracion) (g)	11,670	11,440	11,159
Masa de Suelo Saturado Despues de Penetracion (g)	4,546	4,351	3,982
Peso Volumetrico Humedo (Saturado)(kg/m³)	2,162	2,089	1,915

CALCULO DE HUMEDADES

DESCRIPCION	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion
Masa de Suelo Humedo + Tara (g)	399.0	396.0	397.0	500.0	497.0	375.0	396.0	475.0	375.0
Masa de Suelo Seco + Tara (g)	345.0	344.0	277.0	448.0	446.0	282.0	345.0	424.0	279.0
Masa de Tara (g)	96.0	96.0	97.0	200.0	197.0	175.0	96.0	175.0	175.0
Contenido de Humedad (%)	**21.7**	**21.0**	**66.7**	**21.0**	**20.5**	**86.9**	**20.5**	**20.5**	**92.3**

HINCHAMIENTO

Molde No.	1/65G		2/30G		3/10G	
Sobrecarga	10 lbs		10 lbs		10 lbs	
Fecha	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento
07-feb.-19	0	0	0	0	0	0
08-feb.-19	11	0.0945	12	0.1031	9	0.0773
09-feb.-19	5	0.0429	4	0.0344	5	0.0429
10-feb.-19	3	0.0258	2	0.0172	3	0.0258
11-feb.-19	2	0.0172	1	0.0086	1	0.0086

VALORES OBTENIDOS AASHTO T-180

PVS Maximo (kg/m³)	1,580
W Optima (%)	21.0
PVS Maximo Corregido (kg/m³)	
W Optima Corregido(%)	
Metodo de Ensayo	A

CLASIFICACION DE SUELOS

ASTM	CH
AASHTO	A-7-5

VALORES DE C.B.R.

Molde	CBR % (Lect 0.10")	CBR % (Lect 0.20")
3/10G	0.32	0.21
2/30G	0.32	0.21
1/65G	0.32	0.21

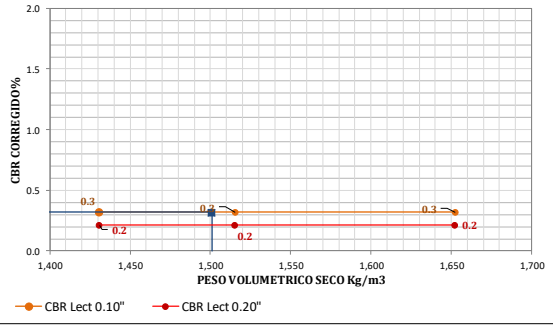
RESULTADOS OBTENIDOS

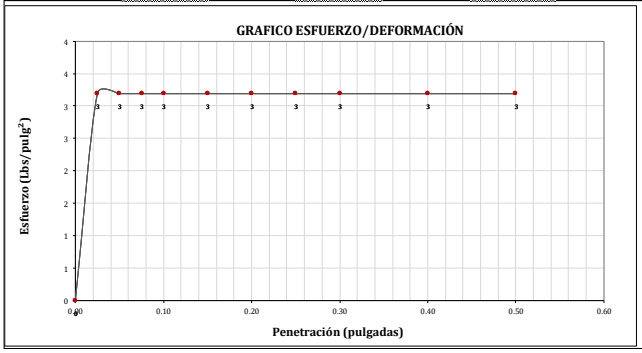
95% PVS Maximo kg/m³	1,501
C.B.R de Laboratorio (%)	**0.32**

MOLDE No.	1/65G	2/30G	3/10G
HINCH.PROM. %	0.045	0.041	0.039

RESISTENCIA A LA PENETRACION

Penetración en pulgadas	MOLDE No. 1/65G		MOLDE No. 2/30G		MOLDE No. 3/10G	
	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.
	Lect.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²
0.000	0	0	0	0	0	0
0.025	0	3	0	3	0	3
0.050	0	3	0	3	0	3
0.075	0	3	0	3	0	3
0.100	0	3	0	3	0	3
0.150	0	3	0	3	0	3
0.200	0	3	0	3	0	3
0.250	0	3	0	3	0	3
0.300	0	3	0	3	0	3
0.400	0	3	0	3	0	3
0.500	0	3	0	3	0	3





Nota: Para el calculo de CBR de Laboratorio se empleo el Peso Volumetrico Seco Maximo obtenido del Ensayo Relacion Densidad - Humedad AASHTO T-180

Realizo
Tec. Oscar Rene Chica
Técnico de Laboratorio

Reviso:
Ing. Roman Zavala Flores
Gerente Tecnico

Anexo 37. Valor soportante relativo (C. B. R.) para 15% de NaCl.

VALOR SOPORTANTE RELATIVO (C. B. R.) AASTHO T - 193

INFORMACION GENERAL.

SOLICITANTE:
PROYECTO: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante. 15% de NaCl

P.C.A. Nº: 1 **Muestra Nº:** 1 **PROFUNDIDAD (Desde-Hasta) (m):** 0.00 - 1.00
FECHA DE PREPARACION: **FECHA DE ENSAYO:**

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES

Molde No.	1	2	3
Golpes por Capa	65	30	10
Masa de Suelo (g)	6,500	6,500	6,500
Agua Agregada (ml)	754	754	754
Masa Suelo Humedo + Molde (g)	11,151	10,921	10,719
Masa de Molde (g)	7,124	7,089	7,167
Masa de Suelo Humedo (g)	4,027	3,832	3,552
Capacidad Molde (m³)	2,103	2,083	2,079
Contenido de Agua (%)	21.5	22.0	22.0
Peso Volumetrico Humedo (kg/m³)	1,915	1,840	1,709
Peso Volumetrico Seco (kg/m³)	1,577	1,509	1,401
Masa de Suelo Sat. + Molde (Antes de Penetracion) (g)	11,559	11,390	11,260
Masa de Suelo Sat + Molde (Despues de Penetracion) (g)	11,556	11,385	11,256
Masa de Suelo Saturado Despues de Penetracion (g)	4,432	4,296	4,089
Peso Volumetrico Humedo (Saturado)(kg/m³)	2,107	2,062	1,967

CALCULO DE HUMEDADES

DESCRIPCION	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion
Masa de Suelo Humedo + Tara (g)	492.0	434.0	500.0	492.0	474.0	531.0	492.0	475.0	500.0
Masa de Suelo Seco + Tara (g)	437.0	381.0	392.0	438.0	420.0	399.0	438.0	421.0	392.0
Masa de Tara (g)	192.0	134.0	198.0	192.0	174.0	175.0	192.0	175.0	198.0
Contenido de Humedad (%)	**22.4**	**21.5**	**55.7**	**22.0**	**22.0**	**58.9**	**22.0**	**22.0**	**55.7**

HINCHAMIENTO

Molde No.	1/65G		2/30G		3/10G	
Sobrecarga	10 lbs		10 lbs		10 lbs	
Fecha	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento
06-abr.-19	0	0	0	0	0	0
07-abr.-19	5	0.0429	7	0.0601	5	0.0429
08-abr.-19	5	0.0429	3	0.0258	4	0.0344
09-abr.-19	2	0.0172	2	0.0172	2	0.0172
10-abr.-19	1	0.0086	1	0.0086	1	0.0086

VALORES OBTENIDOS AASHTO T-180

PVS Maximo (kg/m³)	1,563
W Optima (%)	23.1
PVS Maximo Corregido (kg/m³)	
W Optima Corregido(%)	
Metodo de Ensayo	A

CLASIFICACION DE SUELOS

ASTM	SM
AASHTO	A-1-b(0)

VALORES DE C.B.R.

Molde	CBR % (Lect 0.10")	CBR % (Lect 0.20")
3/10G	0.32	0.21
2/30G	0.32	0.21
1/65G	0.32	0.21

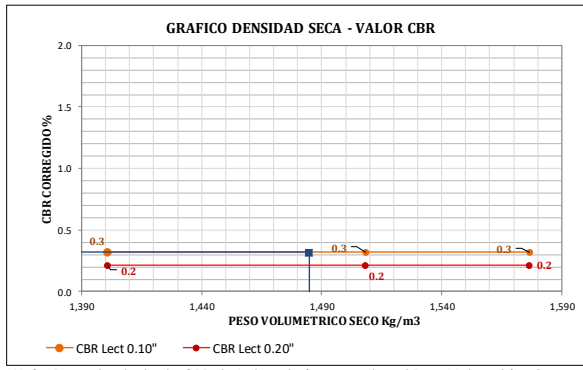
RESULTADOS OBTENIDOS

95% PVS Maximo kg/m³	1,485
C.B.R de Laboratorio (%)	**0.32**

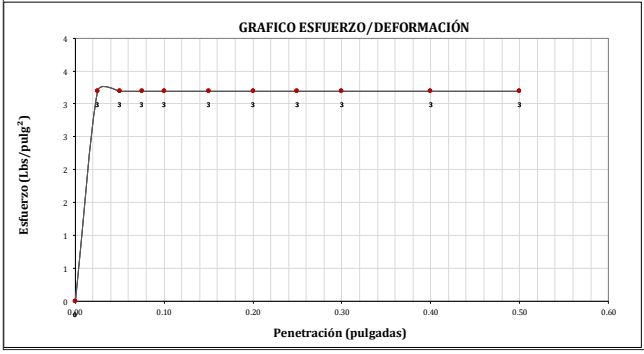
MOLDE No.	1/65G	2/30G	3/10G
HINCH.PROM. %	0.028	0.028	0.026

RESISTENCIA A LA PENETRACION

Penetración en pulgadas	MOLDE No. 1/65G		MOLDE No. 2/30G		MOLDE No. 3/10G	
	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.
	Lect.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²
0.000	0	0	0	0	0	0
0.025	0	3	0	3	0	3
0.050	0	3	0	3	0	3
0.075	0	3	0	3	0	3
0.100	0	3	0	3	0	3
0.150	0	3	0	3	0	3
0.200	0	3	0	3	0	3
0.250	0	3	0	3	0	3
0.300	0	3	0	3	0	3
0.400	0	3	0	3	0	3
0.500	0	3	0	3	0	3



Nota: Para el calculo de CBR de Laboratorio se empleo el Peso Volumetrico Seco Maximo obtenido del Ensayo Relacion Densidad - Humedad AASHTO T-180



Realizo
Tec. Oscar Rene Chica
Técnico de Laboratorio

Reviso:
Ing. Roman Zavala Flores
Gerente Tecnico

Anexo 38. Valor soportante relativo (C. B. R.) para 15% de NaCl primera repetición.

VALOR SOPORTANTE RELATIVO (C. B. R.) AASTHO T - 193

INFORMACION GENERAL.

SOLICITANTE:
PROYECTO: 15%

P.C.A. Nº: 2 **Muestra Nº:** 1 **PROFUNDIDAD (Desde-Hasta) (m):** 0.00 - 1.00
FECHA DE PREPARACION: **FECHA DE ENSAYO:**

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES

Molde No.	1	2	3
Golpes por Capa	65	30	10
Masa de Suelo (g)	6,000	6,000	6,000
Agua Agregada (ml)	513	513	588
Masa Suelo Humedo + Molde (g)	11,305	11,186	10,829
Masa de Molde (g)	7,124	7,089	7,089
Masa de Suelo Humedo (g)	4,181	4,097	3,740
Capacidad Molde (m³)	2,103	2,107	2,079
Contenido de Agua (%)	22.0	22.0	21.7
Peso Volumetrico Humedo (kg/m³)	1,988	1,944	1,799
Peso Volumetrico Seco (kg/m³)	1,630	1,594	1,478
Masa de Suelo Sat. + Molde (Antes de Penetracion) (g)	11,567	11,472	11,221
Masa de Suelo Sat + Molde (Despues de Penetracion) (g)	11,565	11,471	11,217
Masa de Suelo Saturado Despues de Penetracion (g)	4,441	4,382	4,128
Peso Volumetrico Humedo (Saturado)(kg/m³)	2,112	2,080	1,986

CALCULO DE HUMEDADES

DESCRIPCION	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion
Masa de Suelo Humedo + Tara (g)	475.0	495.0	513.0	455.0	475.0	494.0	475.0	500.0	497.0
Masa de Suelo Seco + Tara (g)	420.0	441.0	412.0	400.0	421.0	389.0	421.0	442.0	382.0
Masa de Tara (g)	175.0	195.0	195.0	155.0	175.0	176.0	175.0	175.0	195.0
Contenido de Humedad (%)	**22.4**	**22.0**	**46.5**	**22.4**	**22.0**	**49.3**	**22.0**	**21.7**	**61.5**

HINCHAMIENTO

Molde No.	1/65G		2/30G		3/10G	
Sobrecarga	10 lbs		10 lbs		10 lbs	
Fecha	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento
21-may.-19	0	0	0	0	0	0
22-may.-19	6	0.0515	6	0.0515	5	0.0429
23-may.-19	3	0.0258	3	0.0258	2	0.0172
24-may.-19	2	0.0172	2	0.0172	2	0.0172
25-may.-19	1	0.0086	1	0.0086	1	0.0086

VALORES OBTENIDOS AASHTO T-180

PVS Maximo (kg/m³)	1,568
W Optima (%)	23.0
PVS Maximo Corregido (kg/m³)	
W Optima Corregido(%)	
Metodo de Ensayo	A

CLASIFICACION DE SUELOS

ASTM	CH
AASHTO	A-7-5

VALORES DE C.B.R.

Molde	CBR % (Lect 0.10")	CBR % (Lect 0.20")
3/10G	0.32	0.21
2/30G	0.32	0.21
1/65G	0.32	0.21

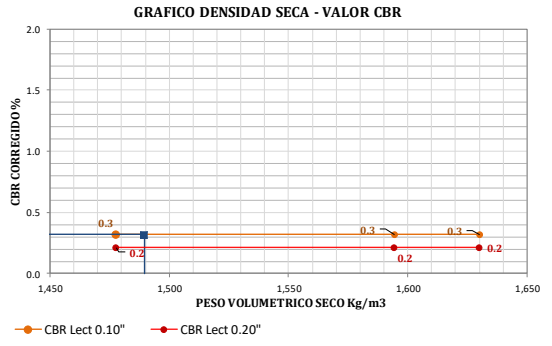
RESULTADOS OBTENIDOS

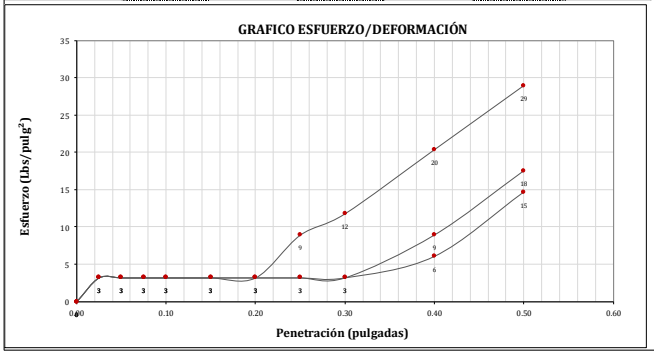
95% PVS Maximo kg/m³	1,490
C.B.R de Laboratorio (%)	**0.32**

MOLDE No.	1/65G	2/30G	3/10G
HINCH.PROM. %	0.026	0.026	0.021

RESISTENCIA A LA PENETRACION

Penetración en pulgadas	MOLDE No. 1/65G		MOLDE No. 2/30G		MOLDE No. 3/10G	
	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.
	Lect.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²
0.000	0	0	0	0	0	0
0.025	0	3	0	3	0	3
0.050	0	3	0	3	0	3
0.075	0	3	0	3	0	3
0.100	0	3	0	3	0	3
0.150	0	3	0	3	0	3
0.200	0	3	0	3	0	3
0.250	2	9	0	3	0	3
0.300	3	12	0	3	0	3
0.400	6	20	2	9	1	6
0.500	9	29	5	18	4	15





Nota: Para el calculo de CBR de Laboratorio se empleo el Peso Volumetrico Seco Maximo obtenido del Ensayo Relacion Densidad - Humedad AASHTO T-180

Realizo
Tec. Oscar Rene Chica
Técnico de Laboratorio

Reviso:
Ing. Roman Zavala Flores
Gerente Tecnico

Anexo 39. Valor soportante relativo (C. B. R.) para 15% de NaCl segunda repetición.

VALOR SOPORTANTE RELATIVO (C. B. R.) AASTHO T - 193

INFORMACION GENERAL.

SOLICITANTE:
PROYECTO: 15 % sal

P.C.A. Nº: 2 **Muestra Nº:** 2 **PROFUNDIDAD (Desde-Hasta) (m):** 0.00 - 1.00
FECHA DE PREPARACION: **FECHA DE ENSAYO:**

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES

Molde No.	1	2	3
Golpes por Capa	65	30	10
Masa de Suelo (g)	6,500	6,500	6,500
Agua Agregada (ml)	754	754	754
Masa Suelo Humedo + Molde (g)	11,159	10,894	10,720
Masa de Molde (g)	7,124	7,089	7,167
Masa de Suelo Humedo (g)	4,035	3,805	3,553
Capacidad Molde (m³)	2,103	2,083	2,079
Contenido de Agua (%)	23.0	23.0	23.0
Peso Volumetrico Humedo (kg/m³)	1,919	1,827	1,709
Peso Volumetrico Seco (kg/m³)	1,561	1,486	1,390
Masa de Suelo Sat. + Molde (Antes de Penetracion) (g)	11,559	11,390	11,260
Masa de Suelo Sat + Molde (Despues de Penetracion) (g)	11,556	11,385	11,256
Masa de Suelo Saturado Despues de Penetracion (g)	4,432	4,296	4,089
Peso Volumetrico Humedo (Saturado)(kg/m³)	2,107	2,062	1,967

CALCULO DE HUMEDADES

DESCRIPCION	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion
Masa de Suelo Humedo + Tara (g)	396.0	475.0	396.0	475.0	496.0	475.0	475.0	396.0	500.0
Masa de Suelo Seco + Tara (g)	358.0	419.0	284.0	419.0	440.0	350.0	418.0	340.0	359.0
Masa de Tara (g)	196.0	175.0	96.0	175.0	196.0	175.0	175.0	96.0	200.0
Contenido de Humedad (%)	**23.5**	**23.0**	**59.6**	**23.0**	**23.0**	**71.4**	**23.5**	**23.0**	**88.7**

HINCHAMIENTO

Molde No.	1/65G		2/30G		3/10G	
Sobrecarga	10 lbs		10 lbs		10 lbs	
Fecha	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento
06-abr.-19	0	0	0	0	0	0
07-abr.-19	5	0.0429	8	0.0687	6	0.0515
08-abr.-19	4	0.0344	4	0.0344	4	0.0344
09-abr.-19	3	0.0258	2	0.0172	1	0.0086
10-abr.-19	1	0.0086	1	0.0086	1	0.0086

VALORES OBTENIDOS AASHTO T-180

PVS Maximo (kg/m³)	1,541
W Optima (%)	23.8
PVS Maximo Corregido (kg/m³)	
W Optima Corregido(%)	
Metodo de Ensayo	A

CLASIFICACION DE SUELOS

ASTM	CH
AASHTO	A-7-5

VALORES DE C.B.R.

Molde	CBR % (Lect 0.10")	CBR % (Lect 0.20")
3/10G	0.32	0.21
2/30G	0.32	0.21
1/65G	0.32	0.21

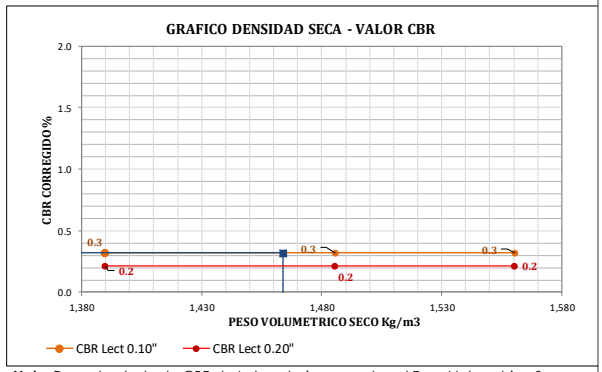
RESULTADOS OBTENIDOS

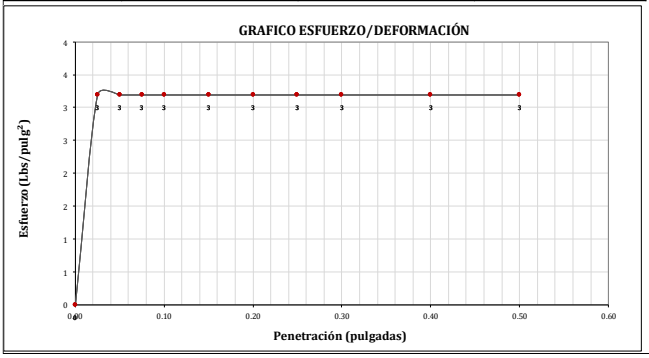
95% PVS Maximo kg/m³	1,464
C.B.R de Laboratorio (%)	**0.32**

MOLDE No.	1/65G	2/30G	3/10G
HINCH.PROM. %	0.028	0.032	0.026

RESISTENCIA A LA PENETRACION

Penetración en pulgadas	MOLDE No. 1/65G		MOLDE No. 2/30G		MOLDE No. 3/10G	
	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.
	Lect.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²
0.000	0	0	0	0	0	0
0.025	0	3	0	3	0	3
0.050	0	3	0	3	0	3
0.075	0	3	0	3	0	3
0.100	0	3	0	3	0	3
0.150	0	3	0	3	0	3
0.200	0	3	0	3	0	3
0.250	0	3	0	3	0	3
0.300	0	3	0	3	0	3
0.400	0	3	0	3	0	3
0.500	0	3	0	3	0	3





Nota: Para el calculo de CBR de Laboratorio se empleo el Peso Volumetrico Seco Maximo obtenido del Ensayo Relacion Densidad - Humedad AASHTO T-180

Realizo
Tec. Oscar Rene Chica
Técnico de Laboratorio

Reviso:
Ing. Roman Zavala Flores
Gerente Tecnico

Anexo 40. Valor soportante relativo (C. B. R.) para 20% de NaCl.

VALOR SOPORTANTE RELATIVO (C. B. R.) AASTHO T - 193

INFORMACION GENERAL.

SOLICITANTE:
PROYECTO: Comportamiento de suelos arcillosos al agregarle cloruro de sodio como aditivo estabilizante. 20% de NaCl

P.C.A. Nº: 1 **Muestra Nº:** 1 **PROFUNDIDAD (Desde-Hasta) (m):** 0.00 - 1.00
FECHA DE PREPARACION: **FECHA DE ENSAYO:**

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES

Molde No.	1	2	3
Golpes por Capa	65	30	10
Masa de Suelo (g)	6,500	6,500	6,500
Agua Agregada (ml)	793	793	793
Masa Suelo Humedo + Molde (g)	10,623	10,782	10,554
Masa de Molde (g)	6,437	6,843	7,073
Masa de Suelo Humedo (g)	4,186	3,939	3,481
Capacidad Molde (m³)	2,144	2,107	2,058
Contenido de Agua (%)	23.0	22.0	21.5
Peso Volumetrico Humedo (kg/m³)	1,952	1,869	1,691
Peso Volumetrico Seco (kg/m³)	1,588	1,533	1,393
Masa de Suelo Sat. + Molde (Antes de Penetracion) (g)	10,811	11,110	11,125
Masa de Suelo Sat + Molde (Despues de Penetracion) (g)	10,808	11,107	11,120
Masa de Suelo Saturado Despues de Penetracion (g)	4,371	4,264	4,047
Peso Volumetrico Humedo (Saturado)(kg/m³)	2,039	2,024	1,966

CALCULO DE HUMEDADES

DESCRIPCION	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion
Masa de Suelo Humedo + Tara (g)	475.0	492.0	402.0	496.0	474.0	481.0	475.0	492.0	479.0
Masa de Suelo Seco + Tara (g)	417.0	436.0	292.0	438.0	420.0	374.0	417.0	439.0	365.0
Masa de Tara (g)	175.0	192.0	96.0	196.0	174.0	107.0	175.0	192.0	175.0
Contenido de Humedad (%)	**24.0**	**23.0**	**56.1**	**24.0**	**22.0**	**40.1**	**24.0**	**21.5**	**60.0**

HINCHAMIENTO

Molde No.	1/65G		2/30G		3/10G	
Sobrecarga	10 lbs		10 lbs		10 lbs	
Fecha	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento
09-abr.-19	0	0	0	0	0	0
10-abr.-19	7	0.0601	8	0.0687	8	0.0687
11-abr.-19	2	0.0172	2	0.0172	1	0.0086
12-abr.-19	3	0.0258	1	0.0086	1	0.0086
13-abr.-19	1	0.0086	1	0.0086	1	0.0086

VALORES OBTENIDOS AASHTO T-180

PVS Maximo (kg/m³)	1,513
W Optima (%)	24.7
PVS Maximo Corregido (kg/m³)	
W Optima Corregido(%)	
Metodo de Ensayo	A

CLASIFICACION DE SUELOS

ASTM	SM
AASHTO	A-1-b(0)

VALORES DE C.B.R.

Molde	CBR % (Lect 0.10")	CBR % (Lect 0.20")
3/10G	0.32	0.21
2/30G	0.32	0.21
1/65G	0.32	0.21

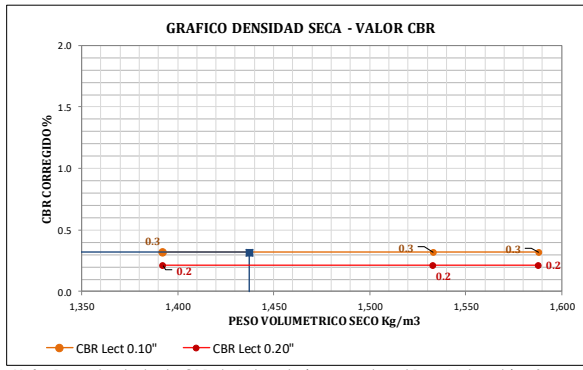
RESULTADOS OBTENIDOS

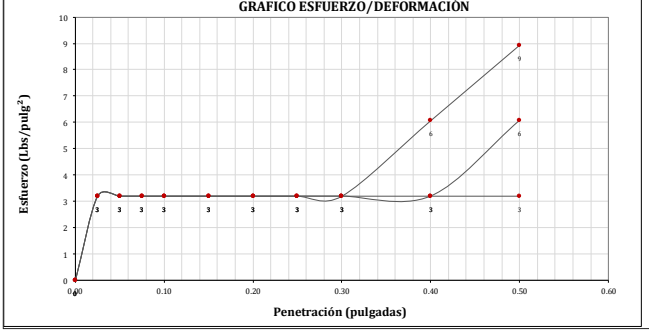
95% PVS Maximo kg/m³	1,437
C.B.R de Laboratorio (%)	**0**

MOLDE No.	1/65G	2/30G	3/10G
HINCH.PROM. %	0.028	0.026	0.024

RESISTENCIA A LA PENETRACION

Penetración en pulgadas	MOLDE No. 1/65G		MOLDE No. 2/30G		MOLDE No. 3/10G	
	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.
	Lect.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²
0.000	0	0	0	0	0	0
0.025	0	3	0	3	0	3
0.050	0	3	0	3	0	3
0.075	0	3	0	3	0	3
0.100	0	3	0	3	0	3
0.150	0	3	0	3	0	3
0.200	0	3	0	3	0	3
0.250	0	3	0	3	0	3
0.300	0	3	0	3	0	3
0.400	0	3	1	6	0	3
0.500	1	6	2	9	0	3





Nota: Para el calculo de CBR de Laboratorio se empleo el Peso Volumetrico Seco Maximo obtenido del Ensayo Relacion Densidad - Humedad AASHTO T-180

Realizo
Tec. Oscar Rene Chica
Técnico de Laboratorio

Reviso:
Ing. Roman Zavala Flores
Gerente Tecnico

Anexo 41. Valor soportante relativo (C. B. R.) para 20% de NaCl primera repetición.

VALOR SOPORTANTE RELATIVO (C. B. R.) AASTHO T - 193

INFORMACION GENERAL.

SOLICITANTE:
PROYECTO: 20% repeticion

P.C.A. Nº: 2 **Muestra Nº:** 1 **PROFUNDIDAD (Desde-Hasta) (m):** 0.00 - 1.00
FECHA DE PREPARACION: **FECHA DE ENSAYO:**

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES

Molde No.	**1**	**2**	**3**
Golpes por Capa	**65**	**30**	**10**
Masa de Suelo (g)	6,000	6,000	6,000
Agua Agregada (ml)	513	513	588
Masa Suelo Humedo + Molde (g)	10,723	10,954	10,770
Masa de Molde (g)	6,437	6,843	7,073
Masa de Suelo Humedo (g)	4,286	4,111	3,697
Capacidad Molde (m³)	2,144	2,107	2,058
Contenido de Agua (%)	24.5	24.5	24.4
Peso Volumetrico Humedo (kg/m³)	1,999	1,951	1,796
Peso Volumetrico Seco (kg/m³)	1,606	1,567	1,444
Masa de Suelo Sat. + Molde (Antes de Penetracion) (g)	10,808	11,131	11,157
Masa de Suelo Sat + Molde (Despues de Penetracion) (g)	10,806	11,128	11,151
Masa de Suelo Saturado Despues de Penetracion (g)	4,369	4,285	4,078
Peso Volumetrico Humedo (Saturado)(kg/m³)	2,038	2,034	1,982

CALCULO DE HUMEDADES

DESCRIPCION	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion
Masa de Suelo Humedo + Tara (g)	495.0	495.0	513.0	475.0	475.0	519.0	496.0	476.0	495.0
Masa de Suelo Seco + Tara (g)	435.0	436.0	418.0	416.0	416.0	418.0	436.0	417.0	396.0
Masa de Tara (g)	195.0	195.0	200.0	175.0	175.0	192.0	195.0	175.0	195.0
Contenido de Humedad (%)	**25.0**	**24.5**	**43.6**	**24.5**	**24.5**	**44.7**	**24.9**	**24.4**	**49.3**

HINCHAMIENTO

Molde No.	1/65G		2/30G		3/10G	
Sobrecarga	10 lbs		10 lbs		10 lbs	
Fecha	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento
22-may.-19	0	0	0	0	0	0
23-may.-19	3	0.0258	8	0.0687	2	0.0172
24-may.-19	2	0.0172	3	0.0258	1	0.0086
25-may.-19	1	0.0086	2	0.0172	1	0.0086
26-may.-19	1	0.0086	1	0.0086	1	0.0086

VALORES OBTENIDOS AASHTO T-180

PVS Maximo (kg/m³)	1,513
W Optima (%)	25.1
PVS Maximo Corregido (kg/m³)	
W Optima Corregido(%)	
Metodo de Ensayo	A

CLASIFICACION DE SUELOS	
ASTM	CH
AASHTO	A-7-5

VALORES DE C.B.R.

Molde	CBR % (Lect 0.10")	CBR % (Lect 0.20")
3/10G	0.32	0.21
2/30G	0.32	0.21
1/65G	0.32	0.59

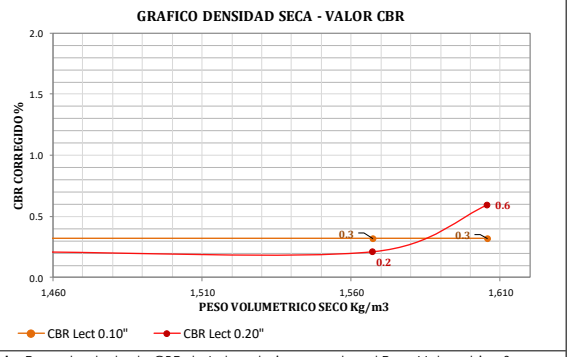
RESULTADOS OBTENIDOS

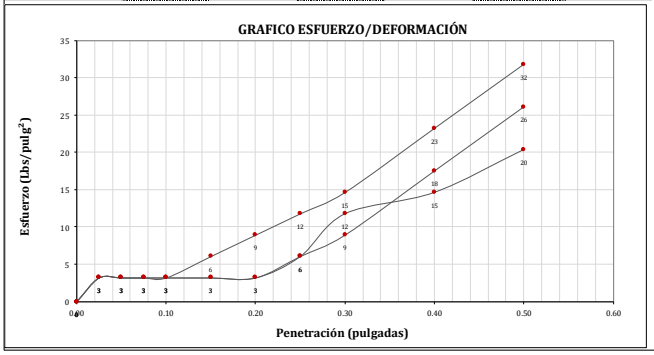
95% PVS Maximo kg/m³	1,437
C.B.R de Laboratorio (%)	**0.32**

MOLDE No.	1/65G	2/30G	3/10G
HINCH.PROM. %	0.015	0.030	0.011

RESISTENCIA A LA PENETRACION

Penetración en pulgadas	MOLDE No. 1/65G		MOLDE No. 2/30G		MOLDE No. 3/10G	
	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.
	Lect.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²
0.000	0	0	0	0	0	0
0.025	0	3	0	3	0	3
0.050	0	3	0	3	0	3
0.075	0	3	0	3	0	3
0.100	0	3	0	3	0	3
0.150	1	6	0	3	0	3
0.200	2	9	0	3	0	3
0.250	3	12	1	6	1	6
0.300	4	15	2	9	3	12
0.400	7	23	5	18	4	15
0.500	10	32	8	26	6	20





Nota: Para el calculo de CBR de Laboratorio se empleo el Peso Volumetrico Seco Maximo obtenido del Ensayo Relacion Densidad - Humedad AASHTO T-180

Realizo
Tec. Oscar Rene Chica
Técnico de Laboratorio

Reviso:
Ing. Roman Zavala Flores
Gerente Tecnico

Anexo 42. Valor soportante relativo (C. B. R.) para 20% de NaCl segunda repetición.

VALOR SOPORTANTE RELATIVO (C. B. R.) AASTHO T - 193

INFORMACION GENERAL.

SOLICITANTE:
PROYECTO: 20% sal

P.C.A. Nº: 1 **Muestra Nº:** 1 **PROFUNDIDAD (Desde-Hasta) (m):** 0.00 - 1.00
FECHA DE PREPARACION: **FECHA DE ENSAYO:**

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES

Molde No.	1	2	3
Golpes por Capa	65	30	10
Masa de Suelo (g)	6,500	6,500	6,500
Agua Agregada (ml)	793	793	793
Masa Suelo Humedo + Molde (g)	10,725	10,752	10,593
Masa de Molde (g)	6,437	6,843	7,073
Masa de Suelo Humedo (g)	4,288	3,909	3,520
Capacidad Molde (m³)	2,144	2,107	2,058
Contenido de Agua (%)	23.5	24.0	24.0
Peso Volumetrico Humedo (kg/m³)	2,000	1,855	1,710
Peso Volumetrico Seco (kg/m³)	1,620	1,497	1,380
Masa de Suelo Sat. + Molde (Antes de Penetracion) (g)	10,811	11,110	11,125
Masa de Suelo Sat + Molde (Despues de Penetracion) (g)	10,808	11,107	11,120
Masa de Suelo Saturado Despues de Penetracion (g)	4,371	4,264	4,047
Peso Volumetrico Humedo (Saturado)(kg/m³)	2,039	2,024	1,966

CALCULO DE HUMEDADES

DESCRIPCION	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion	Antes de Compactacion	Despues de Compactacion	Despues de Penetracion
Masa de Suelo Humedo + Tara (g)	475.0	492.0	396.0	475.0	474.0	396.0	475.0	492.0	475.0
Masa de Suelo Seco + Tara (g)	417.0	435.0	290.0	417.0	416.0	288.0	416.0	434.0	352.0
Masa de Tara (g)	175.0	192.0	96.0	175.0	174.0	96.0	175.0	192.0	175.0
Contenido de Humedad (%)	**24.0**	**23.5**	**54.6**	**24.0**	**24.0**	**56.3**	**24.5**	**24.0**	**69.5**

HINCHAMIENTO

Molde No.	1/65G		2/30G		3/10G	
Sobrecarga	10 lbs		10 lbs		10 lbs	
Fecha	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento	Lect. (mm)	% de Hinchamiento
09-abr.-19	0	0	0	0	0	0
10-abr.-19	6	0.0515	8	0.0687	7	0.0601
11-abr.-19	3	0.0258	1	0.0086	2	0.0172
12-abr.-19	2	0.0172	1	0.0086	2	0.0172
13-abr.-19	1	0.0086	1	0.0086	1	0.0086

VALORES OBTENIDOS AASHTO T-180

PVS Maximo (kg/m³)	1.514
W Optima (%)	24.1
PVS Maximo Corregido (kg/m³)	
W Optima Corregido(%)	
Metodo de Ensayo	A

CLASIFICACION DE SUELOS

ASTM	CH
AASHTO	A-7-5

VALORES DE C.B.R.

Molde	CBR % (Lect 0.10")	CBR % (Lect 0.20")
3/10G	0.32	0.21
2/30G	0.32	0.21
1/65G	0.32	0.21

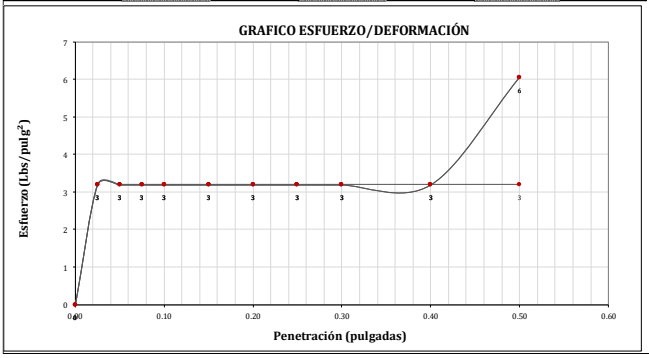
RESULTADOS OBTENIDOS

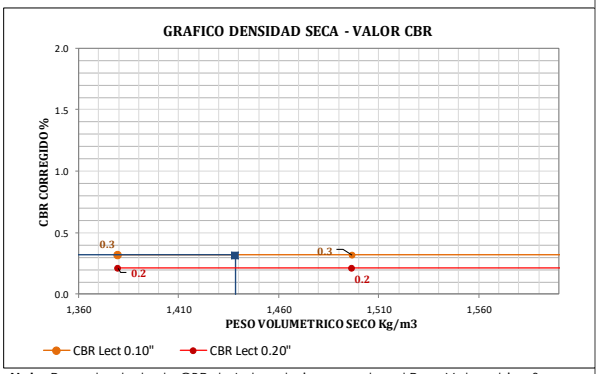
95% PVS Maximo kg/m³	1.438
C.B.R de Laboratorio (%)	**0.32**

MOLDE No.	1/65G	2/30G	3/10G
HINCH.PROM. %	0.026	0.024	0.026

RESISTENCIA A LA PENETRACION

Penetración en pulgadas	MOLDE No. 1/65G		MOLDE No. 2/30G		MOLDE No. 3/10G	
	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.
	Lect.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²	Lec.	Lb/Pulg.²
0.000	0	0	0	0	0	0
0.025	0	3	0	3	0	3
0.050	0	3	0	3	0	3
0.075	0	3	0	3	0	3
0.100	0	3	0	3	0	3
0.150	0	3	0	3	0	3
0.200	0	3	0	3	0	3
0.250	0	3	0	3	0	3
0.300	0	3	0	3	0	3
0.400	0	3	0	3	0	3
0.500	1	6	1	6	0	3





Nota: Para el calculo de CBR de Laboratorio se empleo el Peso Volumetrico Seco Maximo obtenido del Ensayo Relacion Densidad - Humedad AASHTO T-180

Realizo
Tec. Oscar Rene Chica
Técnico de Laboratorio

Reviso:
Ing. Roman Zavala Flores
Gerente Tecnico