

**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE
ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO DE
VÍAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE
CHACHAPOYAS, 2016.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR : Br. LIBANY FERNÁNDEZ RIVA.

ASESOR : Ms.C. EDWIN ADOLFO DÍAZ ORTIZ.

CHACHAPOYAS-PERÚ

2018

DEDICATORIA

- DIOS** : Por ser mi fuente inagotable de sabiduría, por ser la luz que alumbra mi camino.
- MI MADRE** : Elena Consuelo Riva Fernández por estar siempre a mi lado con su amor incondicional; apoyándome moral y económicamente. Que ha sido ejemplo a lo largo de toda mi vida.
- MIS HERMANAS** : María Elena y María Alejandra, por llenar de alegría nuestro hogar, que esto sea un ejemplo para que puedan alcanzar sus metas.
- MIS ABUELOS** : Nilda María Fernández Zelada y Alejandro Riva Fernández por estar a mi lado en mi niñez y en mi juventud.
- MI NOVIO** : Richard Iván Ocampo Rojas por su apoyo y amor incondicional.
- MI ASESOR** : M.Sc. Edwin Adolfo Díaz Ortiz, por su amistad y el apoyo académico que me brindó para culminar este trabajo de graduación.

Libany Fernández Riva

AGRADECIMIENTO

A Dios Padre por darme fuerzas y llenarme de vida.

A mi madre Elena Consuelo Riva Fernández quien me apoyó cuando más lo necesitaba, quien da todo por mí y por ser quien formó mis valores morales. Quien me impulso a seguir adelante y confió en mis capacidades para lograr mis objetivos en la vida.

A mis hermanas María Elena Quispe Riva y María Alejandra Quispe Riva quienes son mi mayor motivación para seguir adelante.

A mis abuelos Nilda María Fernández Zelada y Alejandro Riva Fernández, por su cariño, comprensión y apoyo incondicional cuando más lo necesite.

A mi novio Richard Iván Ocampo Rojas quien siempre me alentó a seguir adelante, quien me apoya, brinda su amor y confía en todas las decisiones que tomo.

Agradezco infinitamente a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas por todas las facilidades otorgadas para estudiar. Esto me permitió adquirir nuevos conocimientos además de gozar como alumna a tan amada institución.

De manera especial agradecer también a la Dirección Regional de Transporte y Comunicaciones de Amazonas, por el apoyo otorgado en la ejecución de mis ensayos mediante su Laboratorio de Mecánica de suelos.

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS.

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI RECTOR

Rector

Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

Vicerrector Académico

Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN

Vicerrector de Investigación

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

JURADO EVALUADOR

Lic. JOSÉ LUIS QUISPE OSORIO

Presidente

Ing. JORGE CHÁVEZ GUIVIN

Secretario

Ing. JUAN ROMERO MONCADA

Vocal

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, Libany Fernández Riva, identificada con DNI N° 72153102, bachiller de la escuela profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Declaro bajo juramento que:

- Soy la autora de la tesis: **“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VÍAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016”**, la misma que presento para optar el título profesional de Ingeniero Civil.
- La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
- La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
- La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

De identificarse fraude, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mis acciones se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Chachapoyas 27 de octubre del 2017.

Libany Fernández Riva

DNI N°: 72153102

ÍNDICE

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. OBJETIVOS.....	10
III. MARCO TEÓRICO	11
3.1. ANTECEDENTES.....	11
3.1.1. Antecedentes Nacionales:.....	11
3.1.2. Antecedentes Internacionales:	12
3.2. BASES TEÓRICAS	15
3.2.1. Clasificación de los suelos SUCS.....	15
3.2.2. Clasificación de la AASHTO.	19
3.2.3. Estabilización de Suelos para pavimentos.....	24
3.2.4. Estabilización de Suelos.	25
3.2.5. Marco Conceptual.....	41
3.2.6. Estabilización de suelo con cloruro de sodio.....	46
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	50
V. RESULTADOS	65
5.1 Cuadro resumen de resultados.....	65
5.2. Detalle de resultados.....	66
5.2.1. Límites de Atterberg.....	66
5.2.2. Proctor Modificado.....	69
5.2.2.1. Proctor con 0% de NaCl.....	69
5.2.2.2. Proctor con 2% de NaCl.....	70
5.2.2.3. Proctor con 5% de NaCl.....	71

5.2.2.4. Proctor con 10% de NaCl.....	72
5.2.2.5. Proctor con 20% de NaCl.....	73
5.2.2.6. Proctor con 30% de NaCl.....	74
5.2.2.7. Proctor con 50% de NaCl.....	75
5.2.3. Valor Soporte California (CBR).....	77
5.2.3.1 CBR con 0% de NaCl.....	77
5.2.3.2 CBR con 2% de NaCl.....	79
5.2.3.3 CBR con 5% de NaCl.....	81
5.2.3.4 CBR con 10% de NaCl.....	83
5.2.3.5 CBR con 20% de NaCl.....	85
5.2.3.6 CBR con 30% de NaCl.....	87
5.2.3.7 CBR con 50% de NaCl.....	89
5.2.4. Contenido de Humedad	94
5.3. Análisis estadístico	95
VI. DISCUSIÓN.....	100
VII. CONCLUSIONES.....	103
VIII.RECOMENDACIONES	104
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
X. ANEXOS.....	107

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)	17
Cuadro N° 2: Clasificación AASHTO	23
Cuadro N° 3: Dosificaciones mínimas de cemento.	31
Cuadro N° 4: Propiedades del Cloruro de Sodio	49
Cuadro N° 5: Ubicación del suelo arcilloso	50
Cuadro N° 6 : Diseño y método de investigación	51
Cuadro N° 7: Cantidad de muestra a ensayar	52
Cuadro N° 8: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	53
Cuadro N° 9: Resumen de resultados	65
Cuadro N° 10: Características de plasticidad para el material Arcilla	66
Cuadro N° 11: Proctor con 0% de NaCl.....	69
Cuadro N° 12: Proctor con 2% de NaCl.....	70
Cuadro N° 13: Proctor con 5% de NaCl.....	71
Cuadro N° 14: Proctor con 10% de NaCl.....	72
Cuadro N° 15: Proctor con 20% de NaCl.....	73
Cuadro N° 16: Proctor con 30% de NaCl.....	74
Cuadro N° 17: Proctor con 50% de NaCl.....	75
Cuadro N° 18: Resultados con 0% de NaCl.....	79
Cuadro N° 19: Resultados con 2% de NaCl.....	81
Cuadro N° 20: Resultados con 5% de NaCl.....	83
Cuadro N° 21: Resultados con 10% de NaCl.....	85
Cuadro N° 22: Resultados con 20% de NaCl.....	87
Cuadro N° 23: Resultados con 30% de NaCl.....	89
Cuadro N° 24: Resultados con 50% de NaCl.....	91

Cuadro N° 25: CBR a 2,54mm de penetración	91
Cuadro N° 26: CBR a 5.08mm de penetración	93
Cuadro N° 27: Variación del contenido de Humedad	94
Cuadro N° 28: Matriz base para análisis estadístico	95
Cuadro N° 29: Tabla de AOV del bloque completo aleatorizado para LL	96
Cuadro N° 30: Prueba de 1 grado de libertad de Tukey para no aditividad	96
Cuadro N° 31: Medias de LL para concentración	96
Cuadro N° 32: Tabla de AOV del bloque completo aleatorizado para LP.....	97
Cuadro N° 33: Prueba de 1 grado de libertad de Tukey para no aditividad	97
Cuadro N° 34: Medias de LP para concentración	97
Cuadro N° 35: Tabla de AOV del bloque completo aleatorizado para OCH.....	98
Cuadro N° 36: Prueba de 1 grado de libertad de Tukey para no aditividad	98
Cuadro N° 37: Medias de OCH para concentración.....	98
Cuadro N° 38: Cuadro resultados de análisis de varianza.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Carta de plasticidad SUCS (SUCS ASTM D2487)	19
Figura N° 2: Carta de plasticidad AASHTO.....	22
Figura N° 3: Porcentaje óptimo de emulsión.....	38
Figura N° 4: Ubicación del Sector Pucacruz (Google Earth).	50
Figura N° 5: Comparación de los límites de Atterberg con las diferentes cantidades adicionales de cloruro de sodio	67
Figura N° 6: Límite líquido para las diferentes concentraciones de NaCl	68
Figura N° 7: Límite plástico para las diferentes concentraciones de NaCl	68
Figura N° 8: Índice de plasticidad para las diferentes concentraciones de NaCl.	69
Figura N° 9: Densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad de suelo patrón.....	70
Figura N° 10: Densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad de suelo con 2% de NaCl.....	71
Figura N° 11: Densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad de suelo con 5% de NaCl.....	72
Figura N° 12: Densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad de suelo con 10% de NaCl.....	73
Figura N° 13: Densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad de suelo con 20% de NaCl.....	74
Figura N° 14: Densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad de suelo con 30% de NaCl.....	75
Figura N° 15: Densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad de suelo con 50% de NaCl.....	76
Figura N° 16: Variación de la densidad seca máxima con las diferentes concentraciones de cloruro de sodio.	77
Figura N° 17: Variación del CBR al 100% de la MDS a 2.54 mm de penetración.....	92

Figura N° 18: Variación del CBR al 95% de la MDS a 2.54 mm de penetración.....	92
Figura N° 19: Variación del CBR al 100% de la MDS a 5.08 mm de penetración.....	93
Figura N° 20: CBR al 95% de la MDS a 5.08 mm de penetración.....	94

RESUMEN

En el presente trabajo se expone la utilización del cloruro de sodio como un estabilizador químico de suelos arcillosos, ya que dentro de la práctica de la ingeniería civil la estabilización de suelos, particularmente en las vías terrestres, es una técnica ampliamente utilizada, ya que estos suelos presentan problemas debido a su elevada plasticidad, reducida capacidad de soporte e inestabilidad de volumen en función de la humedad, por ello, centramos el objetivo principal en determinar la concentración óptima de cloruro de sodio para lograr un mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas mediante procedimientos de laboratorio. Para la evaluación y determinación de la concentración óptima se trabajó con diferentes porcentajes de cloruro de sodio, 2%, 5%, 10%, 20%, 30% y 50% en peso de la muestra de suelo arcilloso a evaluar, tomando estos porcentajes de cloruro de sodio de acuerdo con el diseño de la investigación que viene a ser cuasi experimental (diseño con grupo control y post prueba) y ejecutando los ensayos de acuerdo con procedimientos normados. Los resultados obtenidos de esta investigación son variaciones muy considerables, en el índice de plasticidad bajo a un valor de 9.4 con la adición de cloruro de sodio al 50% siendo el índice de plasticidad inicial de 38.2 sin adicionar el cloruro de sodio y una variación considerable en el CBR (capacidad de soporte), logrando alcanzar un valor de 4.1% al adicionarle sal al 5% siendo el CBR inicial de 1.8% siendo esta la concentración óptima para adicionar a este tipo de suelo arcilloso. Evaluando los resultados obtenidos, con los diferentes porcentajes de sal, para el tipo de suelo CH, se tiene un cambio en la carta de plasticidad pasando de CH a CL.

Palabras Clave: Estabilización, cloruro de sodio, suelo arcilloso, índice de plasticidad, límites de Atterberg.

ABSTRACT

In this paper the use of sodium chloride as a stabilizer chemical of clayey soils, is exposed within the practice of civil engineering stabilization of soils, particularly in land-based routes, is a technique widely used, since these soils have problems due to its high plasticity, reduced bearing capacity and instability of volume depending on moisture, therefore, focus the main objective in determining the concentration optimal for sodium chloride to achieve an improvement of the physical and mechanical properties through laboratory procedures. For the assessment and determination of the concentration optimal worked with different percentages of sodium chloride, 2%, 5 %, 10%, 20', 30% and 50% in weight of the clay soil sample to be evaluated taking these percentages of chloride of sodium in accordance with the design of the research that comes to be quasi-experimental (design with control group and post test) and running trials in accordance with standardised procedures. The results of this research are very considerable variations, low plasticity index value of 9.4 with the addition of sodium chloride 50% being the initial plasticity of 38.2 index without adding sodium chloride and a variation considerable in the CBR (bearing capacity), reach a value of 4.1% to adding salt to 5% being the initial CBR of 1.8% is the optimum concentration for adding to this type of clay soil. Evaluating the results obtained with different percentages of salt, for the type of soil CH, is a change on plasticity chart from CH to CL.

Key words: Stabilization, chloride sodium, clay soil, index of plasticity, Atterberg limits.

I. INTRODUCCIÓN

El funcionamiento a largo plazo de cualquier proyecto de construcción depende de la calidad de los suelos subyacentes. Los suelos inestables pueden crear problemas significativos en las estructuras y pavimentos, por tal motivo desde hace algunas décadas se ha tratado de realizar el mejoramiento de estos suelos empleando diversas técnicas de estabilización, utilizando diversos materiales, como cales, sales, cementos, aditivos, emulsiones, enzimas. A pesar de que ya se han realizado investigaciones, se ha observado que cada caso presenta resultados particulares inherentes al tipo de suelo de la región en estudio.

El comportamiento de los suelos influye en el comportamiento de la estructura, entonces, resulta importante conocer si las propiedades y características de este son apropiadas, de no ser así se recurren a métodos de mejoramientos denominados estabilización de suelos como por ejemplo la adición de materiales cementantes. La ciudad de Chachapoyas presenta suelos arcillosos de alta y baja plasticidad las cuales no cumplen con las exigencias de las normas técnicas para fundar estructuras. Es por esta razón el presente trabajo se enfoca a la utilización de cloruro de sodio como estabilizante de suelo arcilloso utilizados en vías terrestres en la ciudad de Chachapoyas.

Siendo así nos enfocamos en encontrar la concentración óptima de cloruro de sodio para lograr estabilizar un suelo arcilloso de alta plasticidad, el suelo estudiado es una arcilla orgánica de alta plasticidad de acuerdo con la carta de plasticidad SUCS, encontrándose una concentración óptima del 5% de NaCl en proporción de peso del suelo.

La aplicación del cloruro de sodio como material estabilizante de suelos de fundación es utilizado por ejemplo en las capas subrasantes, mejorando sustancialmente en algunas propiedades de estos suelos como son su resistencia, cohesión, durabilidad e impermeabilidad, aunque existen muchos estudios sobre este tema en la presente investigación se estudió el efecto de dicho material estabilizante agregado en ciertas proporciones específicamente en un suelo arcilloso correspondiente al sector de Pucacruz Chachapoyas, se evaluó con diferentes proporciones de NaCl como son : 2%, 5%, 10%, 20%,30% y 50%.

II. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ✓ Determinación de la concentración óptima de cloruro de sodio para estabilización de suelos arcillosos de Chachapoyas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Análisis del comportamiento físico de los suelos con cloruro de sodio.
- ✓ Análisis del comportamiento mecánico de los suelos con cloruro de sodio.
- ✓ Determinación de la diferencia de pérdida de humedad en suelos estabilizados con cloruro de sodio y suelos sin estabilizar.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. ANTECEDENTES

3.1.1. Antecedentes Nacionales:

- a) Las bachilleres Lizeth Mercedes De la Cruz Gutiérrez, y Kaite Karen Salcedo Rojas, de la Universidad Peruana los Andes en el año 2016 sustentaron su tesis: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS POR MEDIO DE ADITIVOS (Eco Road 2000) PARA PAVIMENTACIÓN EN PALIAN – HUANCAYO – JUNÍN, con la finalidad de lograr el título profesional en ingeniería civil, el propósito de la investigación fue encontrar la influencia en las propiedades de los suelos cohesivos en el anexo de Palian - Huancayo – Junín, mediante la adición del aditivo Eco Road 2000 además de encontrar una ventaja económica con este aditivo frente a la estabilización con otros mecanismos, siendo así que llegaron a lo siguiente:

Con la adición del aditivo Eco Road 2000 al suelo natural se observaron notables cambios en la parte física y mecánica esto es debido a que el aditivo acelera el proceso de expansión y contracción para poder obtener un suelo más estable.

De los ensayos de CBR aplicando el aditivo se obtuvieron que siete calicatas llegan a tener más del 40% de CBR, cumpliendo para material de sub base, así también, se obtuvieron que tres calicatas llegan a tener un CBR de 38.55%, 36.10%, 21.70% los cuales cumplen con: >30% de CBR es una sub rasante extraordinaria y de 20% a 30% de CBR una sub rasante muy buena.

- b) El bachiller Carlos Alberto Gutiérrez Montes de la Universidad Ricardo Palma en el año 2010 sustentó su tesis: ESTABILIZACIÓN QUÍMICA DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN EL PERÚ Y VENTAJAS COMPARATIVAS DEL CLORURO DE

MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE CALCIO, con la finalidad de lograr el título profesional en ingeniería civil de pavimentos en ingeniería de transportes, para ello el investigador se basó en la comparación del cloruro de calcio y el cloruro de magnesio, por lo cual su investigación concluye en que: El cloruro de magnesio hexahidratado es una sal muy higroscópica (H.R=32%) por lo cual funcionaria muy bien en regiones con climas secos; Por consiguiente no es viable para la costa del Perú, ya que se sobre hidrataría el suelo convirtiéndolo en muy resbaladizo.

El cloruro de calcio con su H. R=42% se adecua mejor a las condiciones climáticas del Perú.

Para el cloruro de magnesio se necesitan altas cantidades para tener altas concentraciones que a comparación del cloruro de calcio no sucede así.

3.1.2. Antecedentes Internacionales:

- a) El ingeniero Diego Wilfredo Alfonso Valle Áreas, de la Universidad Politécnica de Madrid Facultad de Ingeniería y Morfología del Terreno en el año 2010, ha presentado su Tesis: “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PLÁSTICOS CON MINERALIZADORES EN AMBIENTES SULFATADOS O YESÍFEROS”, para optar el título de Master en Ingeniería - Geotecnia, su investigación consistió en buscar el máximo aprovechamiento del terreno en presencia de sulfatos solubles y yesos en la construcción de terraplenes y fondos de desmotes con métodos de estabilizaciones adecuadas.

También se analizó cuatro métodos experimentales desarrollados por los investigadores de la universidad de Arlington, Texas, estabilización con cenizas volantes bajas en calcio clase F; estabilización con cemento sulfato resistente, tipo V; estabilización

con escorias granuladas de alto horno; estabilización con cal mezclada con fibras fibriladas de polipropileno.

- b) El Bachiller Jairon Roldán de Paz, de la Universidad San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Civil en el 2010 ha presentado su trabajo: “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA BASES Y SUB BASES”, para optar el título en Ingeniería Civil, en las cuales su investigación consistió en el tratamiento adecuado de suelos para intensificar sus propiedades físicas y mecánicas, ya que en algunas regiones de Guatemala existen suelos que no son aptos para construir sobre ellos es por eso que es necesario recurrir a la estabilización de suelos con algunos métodos que representen un costo adicional. En algunos casos, las construcciones de las bases y sub bases para carreteras están expuestas a un clima cálido extremo, lo cual conlleva que la humedad necesaria para obtener una densificación se evapore.

El cloruro de sodio (NaCl) es un elemento que ayuda a aumentar el tiempo en el cual los suelos pierden humedad. Por ser higroscópico absorbe la humedad del ambiente y crea una capa blanquecina en la parte superior que funciona como una barrera para evitar que la humedad contenida se evapore rápidamente.

Al agregar el cloruro de sodio al suelo, se incrementa la densidad seca máxima y se reduce la humedad óptima, se obtiene resultados favorables para los porcentajes de CBR, los cuales aumentan con porcentajes de NaCl no mayores al 2% en condiciones críticas. Sin embargo, los mejores resultados se observan cuando se pierde la humedad y se incrementa el contenido de sal en el suelo, ya que se obtiene una cimentación firme con la mezcla suelos-cloruro de sodio.

Los materiales analizados fueron arena limoso color beige (selecto) y arena caliza, en ambos materiales se obtuvieron resultados

positivos, sin embargo, el selecto reaccionó mejor con el estabilizante.

- c) La bachiller Nicole Natalia Hinrichsen Triviños, de la Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería en el año 2005 presento su tesis: "ESTUDIO DE COMPORTAMIENTO DE SUELO ESTABILIZADO CON SAL: FRENTE A LA ACCIÓN DEL AGUA, PARA DISTINTAS MEZCLAS", para optar el título de ingeniero civil en obras civiles, en la cual su investigación consistió en el uso de la sal como estabilizador químico de suelos, observando los efectos del agua sobre éste. Además, se presentó los resultados de distintas formas de adicionar el Cloruro de Sodio y así observar cuál es su comportamiento. También analizo algunos aspectos de este proceso, a través de los resultados obtenidos dentro del laboratorio, para así tener más antecedentes de evaluación de carpetas de rodado en la ciudad de Valdivia, con tamaño máximo 2”.

3.2. BASES TEÓRICAS

3.2.1. Clasificación de los suelos SUCS

Este sistema fue propuesto por Arturo Casagrande como una modificación y adaptación más general a su sistema de clasificación propuesto en el año 1942 para aeropuertos.

Esta clasificación divide los suelos en:

- ✓ Suelos de grano grueso
- ✓ Suelos de grano fino
- ✓ Suelos orgánicos

Los suelos de granos grueso y fino se distinguen mediante el tamizado del material por el tamiz N° 200.

Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y finos a los que pasan, de esta manera forma se considera que un suelo es grueso si más del 50% de las partículas son menores que dicho tamiz.

Los suelos se designan por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres en inglés de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turbas), mientras que los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos.

Suelos gruesos: Se dividen en gravas y arena, y se separan con el tamiz N° 4, de manera que un suelo pertenece al grupo de grava si más del 50% retiene el tamiz N° 4 y pertenecerá al grupo arena en caso contrario.

Suelos finos: El sistema unificado considera los suelos finos divididos entre grupos: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (C) y limos y arcillas orgánicas (O). Cada uno de estos suelos se subdivide a su vez según su límite líquido, en dos grupos cuya frontera es LI=50%. Si el límite líquido del suelo es menor de 50% se añade al símbolo general la

letra L (low compressibility). Si es mayor de 50 se añade la letra H (high compressibility). Obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos:

- ✓ ML: Limos inorgánicos de baja compresibilidad
- ✓ CL: Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad
- ✓ MH: Limos inorgánicos de alta compresibilidad.
- ✓ CH: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad
- ✓ OL: Arcillas y limos orgánicas de baja compresibilidad
- ✓ OH: Arcillas y limos orgánicos de alta compresibilidad.

Cuadro N° 1: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio.			Clasificación de suelos		
			símbolo del grupo	Nombre del grupo	
Suelos de partículas gruesas más del 50% de retenido en la malla N° 200	Gravas más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N° 4	Gravas limpias	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada
		Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada
		Gravas con finos	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
		Mas del 12% pasa la malla N° 200	IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
		Gravas limpias y con finos	Cumple los criterios para GW y GM	GW-GW	Grava bien graduada con limo
			Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla
			Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM	Grava mal graduada con limo
			Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla
	Arenas El 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla N° 4	Arenas limpias	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada
		Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada
		Arenas con finos	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena Limosa
		Mas del 12% pasa la malla N° 200	IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa
		Arenas limpias y con finos	Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien graduada con limo
		Entre el 5% y 12% pasa la malla N° 200	Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC	Arena bien graduada con arcilla

			Cumple los criterios para SP y SM	SP-SM	Arena mal graduada con limo
			Cumple los criterios para SP y SC	SP-SC	Arena mal graduada con arcilla
Suelos de partículas finas El 50% o más pasa la malla N° 200	Limos y arcillas Limite Liquido menor que 50%	Inorgánicos	IP >7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad
			IP <4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad
		Orgánicos	$\frac{\text{Limite liquido} - \text{secado al horno}}{\text{Limite liquido} - \text{no secado}} < 0.75$	OL	Arcilla orgánica
					Limo Orgánico
	Limos y arcillas Limite Liquido mayor que 50%	Inorgánicos	IP >7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
			IP <4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
		Orgánicos	$\frac{\text{Limite liquido} - \text{secado al horno}}{\text{Limite liquido} - \text{no secado}} < 0.75$	OH	Arcilla orgánica
					Limo orgánico
Suelos altamente orgánicos	Principalmente materia orgánica de color oscuro		PT	Turba	

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

G: Grava

M: Limo

O: Limos o arcillas orgánicas

H: Alta plasticidad

W: Bien graduado

S: Arena

C: Arcillas

PT: Turbas y suelos altamente orgánicos

L: Baja plasticidad

P: Mal graduado

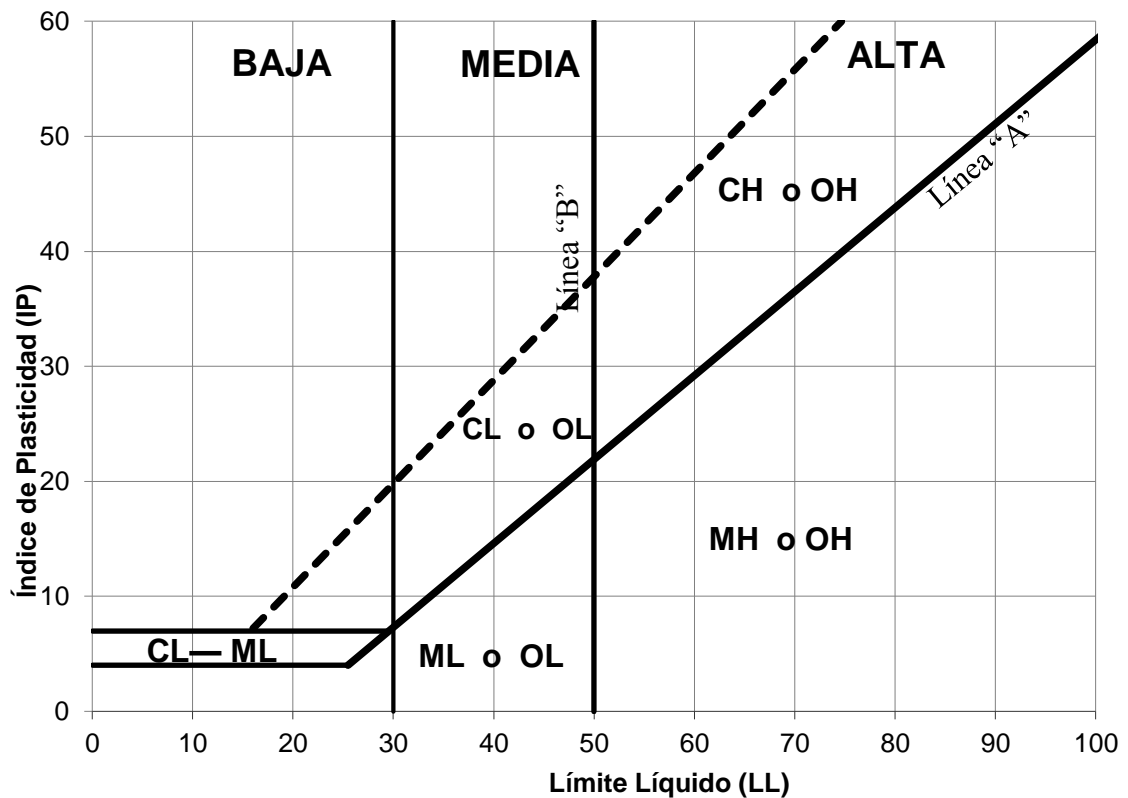


Figura N° 1: Carta de plasticidad SUCS (SUCS ASTM D2487)

3.2.2. Clasificación de la AASHTO.

La American Association of State Highway Officials adoptó este sistema de clasificación de suelos (AASHTO M 145), tras varias revisiones del sistema adoptado por el Bureau of Public Roads de Estados Unidos, en el que los suelos se agrupan en función de su comportamiento como capa de soporte o asiento del firme. Es el sistema más utilizado en la clasificación de suelos en carreteras.

En esta clasificación los suelos se clasifican en siete grupos (A-1, A-2..., A-7), según su granulometría y plasticidad. Más concretamente, en función del porcentaje que pasa por los tamices n° 200, 40 y 10, y de los Límites de Atterberg de la fracción que pasa por el tamiz n° 40. Estos siete grupos se corresponden a dos grandes categorías de suelos, suelos

granulares (con no más del 35% que pasa por el tamiz n° 200) y suelos limo-arcillosos (más del 35% que pasa por el tamiz n° 200).

La categoría de los suelos granulares; gravas, arenas y zahorras; está compuesta por los grupos A-1, A-2 y A-3, y su comportamiento en explanadas es, en general, de bueno a excelente, salvo los subgrupos A-2-6 y A-2-7, que se comportan como los suelos arcillosos debido a la alta plasticidad de los finos que contiene, siempre que el porcentaje de estos supere el 15%. Los grupos incluidos por los suelos granulares son los siguientes:

- ✓ **A-1:** Corresponde a una mezcla bien graduada de gravas, arenas (gruesa y fina) y finos no plásticos o muy plásticos. También se incluyen en este grupo las mezclas bien graduadas de gravas y arenas sin finos.
- ✓ **A-1-a:** Incluye los suelos con predominio de gravas, con o sin material fino bien graduado
- ✓ **A-1-b:** Incluye suelos constituidos principalmente por arenas gruesas, con o sin material fino bien graduado.
- ✓ **A-3:** Corresponde, típicamente, a suelos constituidos por arena fina de playa o de duna, de origen eólico, sin finos limosos o arcillosos o con una pequeña cantidad de limo no plástico. También incluyen este grupo, los depósitos fluviales de arena fina mal graduada con pequeñas cantidades de arena gruesa o grava.
- ✓ **A-2:** Este grupo comprende a todos los suelos que contienen un 35% o menos de material que pasa por el tamiz n° 200 y que no pueden ser clasificados en los grupos A-1 y A-3, debido a que el porcentaje de finos o la plasticidad de estos (o ambas cosas) están por encima de los límites fijados para dichos grupos. Por todo esto, este grupo contiene una gran variedad de suelos granulares que estarán entre los correspondientes a los grupos A-1 y A-3 y a los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.

- ✓ **A-2-4 y A-2-5:** En estos subgrupos se incluyen los suelos que contienen un 35% o menos de material que pasa por el tamiz n° 200 y cuya fracción que pasa por el tamiz n° 40 tiene las características de los grupos A-4 y A-5, de suelos limosos. En estos subgrupos están incluidos los suelos compuestos por grava y arena gruesa con contenidos de limo o índices de plasticidad por encima de las limitaciones del grupo A-1, y los suelos compuestos por arena fina con una proporción de limo no plástico que excede la limitación del grupo A-3.
- ✓ **A-2-6 y A-2-7:** En estos subgrupos se incluyen suelos como los descritos para en los subgrupos A-2-4 y A-2-5, excepto que los finos contienen arcilla plástica con tienen las características de los grupos A-6 y A-7.

La categoría de los suelos limo-arcillosos está compuesta por los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7, cuyo comportamiento en explanadas va de regular a malo. En esta categoría los suelos se clasifican en los distintos grupos atendiendo únicamente a su límite líquido y a su índice de plasticidad, según las zonas del siguiente gráfico de plasticidad. De esta forma se clasifican también los suelos del grupo A-2 en los distintos subgrupos.

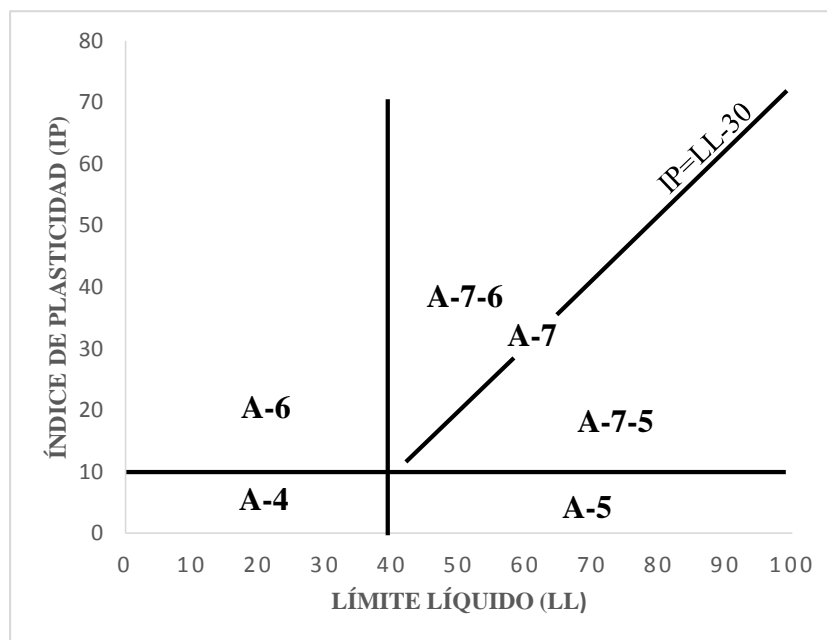


Figura N° 2: Carta de plasticidad AASHTO

Los grupos incluidos en los suelos granulares son los siguientes:

- ✓ **A-4:** El suelo típico de este grupo es un suelo limoso no plástico o moderadamente plástico, que normalmente tiene un 75% o más de material que pasa por el tamiz N° 200. También se incluyen en este grupo los suelos constituidos por mezclas de suelo fino limosos y hasta un 64% de gravas y arenas.
- ✓ **A-5:** El suelo típico de este grupo es similar al descrito en el grupo A-4, salvo que suele tener carácter diatomáceo o micáceo, y pueden ser muy compresibles, como indica su elevado límite líquido.
- ✓ **A-6:** El suelo típico de este grupo es un suelo arcilloso plástico, que normalmente tiene un 75% o más de material que pasa por el tamiz N° 200. También se incluyen en este grupo las mezclas de suelo fino arcilloso y hasta un 64% de gravas y arenas. Estos suelos, experimentan generalmente grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo.
- ✓ **A-7:** El suelo típico de este grupo es similar al descrito en el grupo A-6, salvo que tiene las características de elevado

límite líquido del grupo A-5, y puede ser elástico y estar sujeto a grandes cambios de volumen.

- ✓ **A-7-5:** Se incluyen en este subgrupo los suelos con un índice de plasticidad moderado en relación con el límite líquido y que pueden ser altamente compresibles, además de estar sujetos a importantes cambios de volumen.
- ✓ **A-7-6:** Se incluyen en este subgrupo los suelos con un índice de plasticidad elevado en relación con el límite líquido y que están sujetos a cambios de volumen muy importantes.

Cuadro N° 2: Clasificación AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz 200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz 200)			
	A-1		A-3 ^A	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamizado, % que pasa											
Nº. 10 (2.00mm)	50 máx..	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Nº. 40 (425mm)	30 máx..	50 máx..	51 mín.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Nº. 200 (75µm)	15 máx..	25 máx..	10 máx..	35 máx..	35 máx..	35 máx..	35 máx..	35 máx..	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia											
Límite líquido	.....		.....	B				40 máx..	41 mín.	36 mín.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx..		NP	B				10 máx..	10 máx..	11 mín.	11 mín. ^B
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo			

Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Estabilización 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 artesanales 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.

3.2.4. 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 suelo 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 disminuir su plasticidad.

3.2.4.1. Estabilización mecánica.

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 sí 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.

3.2.4.2. 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 (Hernández,2016).

3.2.4.3. Estabilización in situ con cal.

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 cuantificado sus magníficos resultados (Sotolongo, 2012).

Cuando tenemos arcillas muy plásticas podemos disminuir dicha plasticidad y consecuentemente los cambios volumétricos de la misma asociados a la variación en los contenidos de humedad con el solo hecho de agregarle una pequeña proporción de cal.

Este es un método económico para disminuir la plasticidad de los suelos y darle un aumento en la resistencia. Los porcentajes por agregar varían del 2 al 6% con respecto al suelo seco del material para estabilizar, con estos porcentajes se consigue estabilizar la actividad de las arcillas obteniéndose un descenso en el índice plástico y un aumento en la resistencia.

Es recomendable no usar más del 6% ya que con esto se aumenta la resistencia, pero también tenemos un incremento en la plasticidad. Los estudios que se deben realizar a suelos estabilizados con cal son: límites de Atterberg, granulometría, valor cementante, equivalente de arena, compresión.

Como especificamos anteriormente, la dosificación dependerá del tipo de arcilla, se agregará de 1% al 6% de cal por peso seco. Este porcentaje debe determinarse en el laboratorio, pero lo más común en la mayoría de los casos se requiere de un porcentaje cerca del 3%.

Procedimiento Constructivo:

La capa inferior a la que se va a estabilizar deberá estar totalmente terminada, el mezclado puede realizarse en una planta adecuada o en campo, obteniéndose mejores resultados en el primer caso, la cual puede agregarse en forma de lechada, a granel o en sacada. Si se agrega en forma de lechada, ésta se disuelve en el agua de compactación, la que se incrementa en un 5%.

Cuando se efectúa el mezclado en el campo, el material que se va a mejorar deberá estar disgregado y acamellonado, se abre una parte y se le agrega el estabilizador distribuyéndolo en el suelo para después hacer un mezclado en seco, se recomienda agregar una ligera cantidad de agua para evitar los polvos. Después de esto se agrega el agua necesaria y se tiende la mezcla debiendo darle un curado de hasta 48 horas de acuerdo con el tipo de arcilla de que se trate, luego se tiende la mezcla y se compacta a lo que marca el proyecto para después aplicarle un curado final, el cual consiste en mantener la superficie húmeda por medio de un ligero rocío. Se recomienda no estabilizar cuando amenace lluvioso o cuando la temperatura ambiente sea menor a 5 ° C, además se recomienda que la superficie mejorada se abra al tránsito vehicular en un tiempo de 24 a 48 horas.

3.2.4.4. Estabilización con Cemento.

El cemento mezclado con el suelo mejora las propiedades de éste desde el punto de vista mecánico.

Partículas inertes granulares con otras activas de diversos grados de plasticidad, la acción que en ellos produce el cemento es doble. Por una parte, actúa como conglomerante de las gravas, arenas y limos desempeñando el mismo papel que en el hormigón. Por otra parte, el hidrato de calcio, que se forma al contacto del cemento con el agua, libera iones de calcio que por su gran afinidad con el agua roban algunas de las moléculas de ésta interpuestas entre cada dos laminillas de arcilla. El resultado de este proceso es la disminución de la porosidad y de la plasticidad, así como un aumento en la resistencia y en la durabilidad. Se pueden utilizar todos los tipos de cementos, pero en general se emplean los de fraguado y endurecimiento normales. En algunos casos, para contrarrestar los efectos de la materia orgánica son recomendables los cementos de alta resistencia y si las temperaturas son bajas se puede recurrir a cementos de fraguado rápido o al cloruro de calcio como aditivo (Núñez,2011).

Este tipo de estabilización es de uso cada vez más frecuente y consiste comúnmente en agregar cemento Portland en proporción de un 7% a un 16% por volumen de mezcla.

Al mejorar un material con cemento Portland se piensa principalmente en aumentar su resistencia, pero además de esto, también se disminuye la plasticidad, es muy importante para que se logren estos efectos, que el material por mejorar tenga un porcentaje máximo de materia orgánica del 34%.

Casi todos los tipos de suelo que encontramos pueden estabilizarse con cemento con excepción de los que contienen altos porcentajes de materia orgánica. Por otra parte, los suelos de arcilla o limo requerirán un mayor porcentaje de cemento para lograr los resultados esperados.

Existen dos formas o métodos para estabilizar con cemento Portland, una es la llamada estabilización del tipo flexible, en el cual el porcentaje de cemento varía del 1 al 4%, con esto solo se logra disminuir la plasticidad y el incremento en la resistencia resulta muy bajo, las pruebas que se les efectúan a este tipo de muestras son semejantes a las que se hacen a los materiales estabilizados con cal (De la Cruz,2016).

Otra forma de mejorar el suelo con cemento, se conoce como estabilización rígida, en ella el porcentaje de cemento varía del 6 al 14%, este tipo de mejoramiento es muy común en las bases, ya que resulta muy importante que éstas y la carpeta presenten un módulo de elasticidad semejante, ya que con ello se evita una probable fractura de la carpeta, ya que ambos trabajan en conjunto; para conocer el porcentaje óptimo a emplear se efectúan pruebas de laboratorio con diferentes contenidos de cemento.

Ensayos a realizarse:

- Lo primero que hay que hacer es identificar el suelo. Se deben realizar sondeos para determinar los diferentes tipos de suelos, ya que cada tipo requerirá diferentes dosificaciones de cemento.
- Determinación del contenido mínimo de cemento y la humedad óptima de compactación, con lo siguiente: Se toma una muestra de suelo, se seca y se pulveriza hasta que pase

por el tamiz #4 para los suelos finos y se mezcla con diferentes contenidos de cemento (entre 8% y 16% por volumen).

- Para cada contenido de cemento se preparan 4 probetas compactadas a densidad máxima, dos para la prueba de humedad y secado y dos para la prueba de resistencia a la compresión a diferentes edades. Todas se dejan fraguar en cámara fría por 7 días.
- Pasados los 7 días, las dos probetas destinadas a la prueba de humedad-secado se sumergen en agua a temperatura ambiente por 5 horas, se sacan y secan al horno a 70°C por 42 horas. Este proceso de inmersión y secado se repite hasta un máximo de 12 veces y luego de cada ciclo una de las probetas se pesa y se le determina el grado de absorción a la otra, se limpia pasándole un cepillo metálico enérgicamente, eliminando todo el material suelto y luego de pesa obteniéndose el porcentaje de material disgregado después de cada ciclo. Las probetas destinadas a la prueba de compresión se someten a la misma después que éstas tengan de uno a cuatro días de curado, siempre la resistencia debe aumentar con el tiempo.

La dosificación mínima de cemento será:

Cuadro N° 3: Dosificaciones mínimas de cemento.

TIPO DE SUELO	SUELOS ESTABILIZADOS	SUELO - CEMENTO
A-1 y A-3	3-8	5-8
Límite de A-3 y A-2	5-10	6-10
Límite de A-2 y A-4	7-12	9-14
A-5 y A-6	8-15	No económico
A-7	10-16	

Fuente: Núñez, D.(2011). *Elección y dosificación del conglomerante en estabilización de suelos*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Instituto Tecnológico de Sonora, Sonora, México.

- La pérdida máxima de material disgregado durante los 12 ciclos de inmersión-secado será:
 - 14% para los suelos A-1, A-2-4, A-2-5 y A-3
 - 10% para los suelos A-4, A-5, A-2-6 y A-2-7
 - 7% para los suelos A-6 y A-7
- La resistencia a la compresión debe aumentar con la edad y con el contenido de cemento.
- El cambio volumétrico en cualquier momento de la prueba de humedad-secado no debe ser superior a un 2% del volumen inicial.
- El contenido de humedad en todo tiempo no debe ser mayor que el necesario para llenar los vacíos de la probeta en el momento de ser fabricada.

Procedimiento Constructivo:

- Limitación de la Zona de Trabajo:

La zona de trabajo deberá limitarse de acuerdo con la disponibilidad de equipos de compactación, debido a que cada tramo deberá terminarse antes de que la mezcla comience a ganar resistencia.

Se despeja la zona del camino de piedras grandes, plantas y materia orgánica, se excava hasta encontrar terreno firme que servirá de apoyo a la base. La resistencia del cimiento determinada deberá contar con un CBR de al menos 20%.

- Pulverización del Suelo:

Si además de suelo nativo se utiliza suelo de aportación, éste deberá esparcirse sobre la superficie en cantidad suficiente para lograr la proporción adecuada de la mezcla, posteriormente se procede a escarificar y mezclar los materiales, procurando una mezcla homogénea.

Si solo se usa suelo nativo se procede a cortar el material a la profundidad de la capa a estabilizar, para esto se pasa varias veces el escarificador o discos de arado rotatorio.

Si el suelo es arcilloso, presentará resistencia a pulverizarse, por lo que será necesario romper los terrones antes de pulverizarlo; si está muy húmeda formará una masa pastosa difícil de mezclar lo que encarecerá el proceso; y si es arenoso conviene humedecerlo antes de echarle el cemento para que éste no pase por los huecos a la parte inferior en detrimento de la dosificación en el resto de la capa.

En todo caso, el material se reducirá al mínimo tamaño sin romper las partículas ya que los grumos o terrones no tendrán cemento y se convertirán en elementos débiles del firme ya estabilizado.

Una vez pulverizado el suelo se reconstruye el perfil para que quede con las dimensiones dadas antes de la operación.

- **Distribución del Cemento:**

La distribución del cemento se puede hacer mecánicamente, pero la forma más adecuada para lograr una distribución uniforme es haciéndolo manualmente y utilizando el cemento en fundas no a granel.

Conviene comenzar la distribución del cemento a una hora del día en que la temperatura no sea inferior a los 5°C y se espere que vaya en aumento; se hará de tal modo que la cantidad de cemento por unidad de superficie responda aproximadamente a la dosificación establecida.

Si se hacen por sacos, éstos se colocarán en hileras y filas regulares con la separación necesaria para la dosificación. Luego se abren los sacos o fundas y se deposita el cemento en el lugar en que se hallan formando pequeños montones.

Como el cemento se agrega de acuerdo con un porcentaje por volumen entonces, podemos determinar el volumen de suelo a estabilizar en cada tramo:

$$V = L \times A \times E$$

Dónde:

V = el volumen del suelo a estabilizar

L = la longitud del tramo

A = el ancho de la franja

E = el espesor de la capa

Conocido el volumen de suelo lo multiplicamos por el porcentaje de cemento y obtenemos el volumen total de cemento, conocida la cantidad de fundas de cemento a usar el área sobre la que se va a distribuir entonces podemos hacer la distribución, colocando las fundas equidistantes una de otra, luego se esparce el cemento de forma uniforme y se procede a mezclar.

- Mezclado Uniforme:

La mezcla deberá ser homogénea y para lograrlo se debe pasar varias veces el escarificador hasta la profundidad deseada, también se usarán discos rotatorios de arado hasta que se determine un mezclado total.

Hay dos tipos de mezcla: Mezcla en Seco y Mezcla Húmeda. La Mezcla Seca consiste en una vez distribuido el cemento se procede a mezclarlo con el suelo hasta lograr la homogeneidad requerida. La Mezcla Húmeda es la más usada y es en la que a la mezcla se le adiciona agua.

- Adición del Agua:

El agua es un elemento esencial para hidratar el cemento y para facilitar la compactación, al ésta entrar en contacto con el cemento en poco tiempo se producirá una reacción química y desprendimiento de calor; esto a su vez provocará evaporación del agua incorporada, de modo que para lograr mantener la humedad óptima de compactación a la mezcla se agregará un 3% de agua adicional al porcentaje óptimo obtenido en laboratorio para este tipo de suelo.

La distribución del agua debe ser uniforme en toda la extensión de la zona cuidándose de que no quede depositada en huecos. Después de esto, se hará una pasada de las herramientas o máquinas de que se disponga para que la mezcla quede removida hasta lograr que sea homogénea comprobándose el contenido de agua para que por defecto o por exceso no difiera de la humedad óptima en más del 10%.

Tras esta operación, como después de cada una de las operaciones parciales se restituye el perfil a las dimensiones previstas.

- **Compactación:**

Inmediatamente se comienza la consolidación de la capa formada hasta lograr una densidad igual cuando menos a la del Proctor. La compactación se realiza partiendo de los bordes hacia el centro excepto en las curvas con peralte.

Durante la compactación debe mantenerse el contenido de agua dentro de los límites. Como casi siempre los suelos que se estabilizan son finos, el compactador adecuado es la pata de cabra. Cuando el suelo que se estabiliza es grava-arena, entonces el rodillo adecuado es aquel que cuenta con un rollo vibrador y llantas en el eje motor.

A continuación de la última pasada de la máquina que se emplee es preciso que la niveladora restituya el perfil i éste ha quedado ondulado. En tal caso es preciso humedecer de nuevo el suelo suelto y volver a compactarlo.

- Terminación:

Una vez completada la compactación se procede a perfilar la superficie dejando la pendiente transversal o bombeo deseada, luego se da un par de pasadas de un rodillo liso de 3 a 12 ton, dependiendo del tipo de suelo.

- Curado:

El agua es muy importante en el proceso de endurecimiento del cemento; por lo tanto, debemos preservarla evitando su evaporación, para ello, se debe hacer un riego asfáltico en proporción de 0.15 a 0.30gls/m², el cual se puede hacer con RC-2 o emulsión de rompimiento rápido.

Si la capa estabilizadora va a servir a un tránsito ligero o medio entonces se colocará la capa de rodadura que puede consistir en un doble tratamiento superficial. SI va a servir de apoyo a un pavimento de alta calidad se aconseja que el mismo se construya después de que el cemento haya alcanzado un alto grado de resistencia.

3.2.4.5. Estabilización o mejoramiento con productos asfálticos.

El material asfáltico que se emplea para mejorar un suelo puede ser el cemento asfáltico o bien las emulsiones asfálticas, el primero es el residuo último de la destilación del petróleo. Para eliminarle los solventes volátiles y los aceites y para ser mezclado con material pétreo deberá calentarse a temperaturas que varían de 140 a 160° C, el más común que se emplea en la actualidad es el AC-20. Este tipo de producto tiene la desventaja de que resulta un poco más costoso y que no puede mezclarse con pétreos húmedos (Guamán,2016).

En las estabilizaciones, las emulsiones asfálticas son las más usadas ya que este tipo de productos si pueden emplearse con pétreos húmedos y no se necesitan altas temperaturas para hacerlo maniobrable, en este tipo de productos se encuentra en suspensión con el agua, además se emplea un emulsificante que puede ser el sodio o el cloro, para darle una cierta carga a las partículas y con ello evitar que se unan dentro de la emulsión; cuando se emplea sodio, se tiene lo que se conoce como emulsión aniónica con carga negativa y las que tienen cloro son las emulsiones catiónicas que presentan una carga positiva, siendo estas últimas las que presentan una mejor resistencia a la humedad que contienen los pétreos.

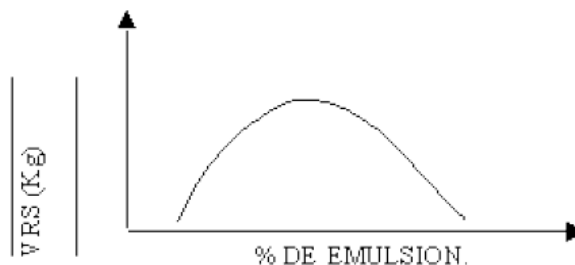
Se tienen emulsiones de fraguado lento, medio y rápido, de acuerdo con el porcentaje de cemento asfáltico que se emplea. Una emulsión asfáltica es una dispersión de asfalto en agua en forma de pequeñas partículas de diámetro de entre 3 y 9 micras.

Este tipo de aglutinantes puede usarse casi con cualquier tipo de material, aunque por economía se recomienda que se emplee en suelos gruesos o en materiales triturados que no presenten un alto índice de plasticidad, puede usarse también con las arcillas, pero solo le procura impermeabilidad, resultando un método muy costoso, además con otros productos se logra mayor eficiencia y menor costo para los suelos plásticos.

Es importante que el material pétreo que se va a mejorar, presente cierta rugosidad para que exista un anclaje adecuado con la película asfáltica, situación que se agrava si el material pétreo no es afín con el producto asfáltico. Algunos productos asfálticos contienen agua y si esto no se toma en cuenta se pueden presentar problemas muy serios al momento de compactar, la prueba que más comúnmente se emplea en el laboratorio para determinar el porcentaje adecuado de asfalto a

utilizar se conoce como "prueba de valor soporte florida modificada" y el procedimiento consiste en elaborar especímenes de pétreos que presentan cierta humedad usando diferentes porcentajes de asfalto, se compactan con carga estática de 11.340 Kg. (140 Kg/cm²). Después de esto se pesan y se meten a curar al horno a una temperatura de 60° C, se sacan y se penetran hasta la falla o bien hasta que tengan una profundidad de 6.35mm registrándose la carga máxima en Kg., se efectúa una gráfica para obtener el porcentaje óptimo de emulsión y se recomienda que el material por mejorar presente un equivalente de arena mayor de 40% y el porcentaje de emulsión varíe en un porcentaje de 1.

Figura N° 3: Porcentaje óptimo de emulsión



Fuente: Núñez, D.(2011). *Elección y dosificación del conglomerante en estabilización de suelos*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Instituto Tecnológico de Sonora, Sonora, México.

El procedimiento constructivo se desarrolla de la manera siguiente: la capa a mejorar ya tiene que estar completamente terminada. No se debe hacer la estabilización cuando hay mucho viento, menos de 5° C o lluvia. También se puede estabilizar con ácido fosfórico y fosfatos; fosfato de calcio (yeso), resinas y polímeros.

La dosificación depende de la granulometría del suelo, suelos finos requieren mayor cantidad de bitumen, así suelos plásticos muy finos no pueden estabilizarse a un costo razonable debido

a la dificultad para pulverizarlos y la cantidad de bitumen exigido. En general, la cantidad de bitumen utilizado varía entre un 4% y un 7% y en todo caso la suma de agua para compactación más el bitumen no debe exceder a la cantidad necesaria para llenar los vacíos de la mezcla compactada.

3.2.4.6. Estabilización con Cloruro de Sodio.

El principal uso de la sal es como matapolvo en bases y superficies de rodamiento para tránsito ligero. También se utiliza en zonas muy secas para evitar la rápida evaporación del agua de compactación. La sal común es un producto higroscópico; es decir, es capaz de absorber la humedad del aire y de los materiales que le rodean, de ahí que sea un efectivo matapolvo al mantener la capa con un alto contenido de humedad.

Se puede utilizar en forma de salmuera o triturada. La dosificación es de 150g/m² por cada centímetro de espesor de la capa estabilizada contando con un máximo de 8cms.

Para mezclar es más adecuado el uso de rastras con discos rotatorios. La compactación se puede iniciar en cualquier momento luego de perfilada la superficie con el equipo adecuado al tipo de suelo. Cuando se observe que se ha perdido la sal por efecto del tránsito o las lluvias, la superficie debe rociarse con 450grs de sal por cada metro cuadrado.

3.2.4.7. Estabilización con Cloruro de Calcio.

Este producto trabaja de forma similar a la sal común, su costo es mayor, pero se prefiere debido al efecto oxidante del cloruro de sodio. En todo caso, el cloruro de calcio ayuda al proceso de compactación y contribuye con la resistencia del suelo, previene el desmoronamiento de la superficie y reduce el polvo.

Se puede utilizar de dos formas:

- En granos regulares o Tipo I
- En hojuelas o pelotillas o Tipo II

3.2.4.8. Estabilización de suelos por escorias de fundición.

Las escorias son un subproducto de la fundición de la mena para purificar los metales. Se pueden considerar como una mezcla de óxidos metálicos; sin embargo, pueden contener sulfuros de metal y átomos de metal en forma de elemento. Aunque la escoria suele utilizarse como un mecanismo de eliminación de residuos en la fundición del metal, también pueden servir para otros propósitos, como ayudar en el control de la temperatura durante la fundición y minimizar la re-oxidación del metal líquido final antes de pasar al molde.

La escoria tiene muchos usos comerciales y raramente se desecha. A menudo se vuelve a procesar para separar algún otro metal que contenga. Los restos de esta recuperación se pueden utilizar como balasto para el ferrocarril y como fertilizante. Se ha utilizado como metal para pavimentación y como una forma barata y duradera de fortalecer las paredes inclinadas de los rompeolas para frenar el movimiento de las olas.

En la estabilización de suelos se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilidad y prolongar su vida útil.

Las escorias y sus variedades resultan un elemento esencial en el proceso de mejorado y construcción de suelos y caminos, agregando valores tales como:

- Accesibilidad en tiempo y lugar.
- Transitabilidad

- Agilidad

Las escorias siderúrgicas están constituidas por productos resultantes de procesos industriales destinados a obtener, en primer lugar, el arrabio, y en segundo lugar el acero, hoy consideradas universalmente como una fuente potencial de materias primas artificiales de bajo costo.

3.2.4.9. Estabilización de Suelos con Polímeros.

El uso de estos materiales en la estabilización de suelos ha tenido por objeto principal, formar una estructura impermeable al agua; ciertas resinas sintéticas tales como las del sistema anilina y furfural de naturaleza orgánica aumentan la resistencia mecánica del suelo mejorando su cohesión.

En algunos casos, la resistencia al esfuerzo cortante se reduce en tanto que la compactación se mejora en forma notable; es así como a estos materiales se les conoce más como “agentes que mejoran la compactación” que como estabilizantes. Un gran número de productos comerciales caen dentro de esta categoría y su efectividad es muy variable, dependiendo del tipo de suelo y los elementos constituyentes del aditivo.

3.2.5. Marco Conceptual.

3.2.5.1. Estabilización.

Estabilización o mejoramiento de suelos es un conjunto de técnicas que buscan incrementar el desempeño mecánico y la durabilidad de materiales, y que son usadas en múltiples actividades en la ingeniería. Entre las aplicaciones que se destacan encontramos: la construcción de plataformas de cimentación, el mejoramiento del terreno natural, de sub rasantes, de sub base, de base y pavimentos.

3.2.5.2. Suelo.

Suelo o Terase (del griego) o solum (del latín) se le denomina al conjunto de partículas minerales, producto de la desintegración mecánica o de la descomposición química de las rocas preexistente. El conjunto de partículas presenta dos propiedades esenciales que no puedes ser olvidas por quienes pretendan comprender su comportamiento ingenieril.

3.2.5.3. Agregados o Material Granular.

Material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada.

Además de cumplir los requerimientos de composición, resistencia, durabilidad, estabilidad, los agregados deben tener unos tamaños de partícula, granulometría y formas adecuadas para una estabilización.

3.2.5.4. Grava.

Partículas de roca que pasan la malla de 3 pulg. (75 mm) y son retenidas en la malla N° 4 (4,75 mm), y a su vez tienen las siguientes sub-divisiones:

- ✓ Gruesa – pasa la malla de 3 pulg. (75 mm) y es retenida en la malla de $\frac{3}{4}$ pulg. (19 mm)
- ✓ Fina – pasa la malla de $\frac{3}{4}$ pulg. (19 mm) y es retenida en la malla N°4 (4,75 mm).

3.2.5.5. Arena.

Partículas de roca que pasan la malla N° 4 (4,75 mm) y son retenidas en la malla estándar N°200 (75- μ m) con las siguientes sub-divisiones:

- ✓ Gruesa – pasan la malla N°4 (4,75 mm) y es retenida en la malla N°10 (2 mm).
- ✓ Media – pasa la malla N°10 (2 mm) y es retenida en la malla N°40 (425 - μm), y
- ✓ Fina – pasa la malla N°40 (425 - μm) y es retenida en la malla N°200 (75 - μm).

3.2.5.6. Arcilla.

Suelo que pasa la malla estándar N°200 (75 - μm) y puede exhibir plasticidad (propiedades plásticas) dentro de un cierto rango de contenido de humedad y que tiene una considerable resistencia cuando está seco. Con propósitos de clasificación, una arcilla es un suelo de grano fino, o la porción de grano fino de un suelo, con un índice plástico igual o mayor que 4, y su ubicación dentro del gráfico de índice plástico versus límite líquido cae en o sobre la línea “A”.

3.2.5.7. Limo.

Suelo que pasa la malla estándar N°200 (75 - μm), que es no plástico o muy poco plástico y que exhibe poca o ninguna resistencia cuando se seca al aire. Con propósitos de clasificación, un limo es un suelo de grano fino, o la porción de grano fino de un suelo, con un índice plástico menor que 4 o que su ubicación en el gráfico de índice plástico versus límite líquido cae por debajo de la línea “A”.

3.2.5.8. Arcilla orgánica.

Una arcilla con suficiente contenido de materia orgánica como para influenciar las propiedades del suelo. Con propósitos de clasificación, una arcilla orgánica es un suelo que podría ser clasificado como una arcilla, excepto que el valor de su límite

líquido después del secado al horno es menor que el 75% del valor de su límite líquido antes del secado.

3.2.5.9. Limo orgánico.

Un limo con suficiente contenido de materia orgánica como para influenciar las propiedades del suelo. Con propósitos de clasificación, un limo orgánico es un suelo que podría ser clasificado como un limo, excepto que el valor de su límite líquido después del secado al horno es menor que el 75% del valor de su límite líquido antes del secado.

3.2.5.10. Resistencia.

Es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por el suelo. Dado que está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad.

3.2.5.11. Polímeros.

Un polímero es una molécula larga creada por una reacción química de muchas pequeñas moléculas, que una con otra forma largas cadenas. El primer polímero conocido por el hombre, y al cual se le dio un uso fue el látex natural, conocido como hule, (del náhuatl hollín que significa movimiento), producto del sangrado del árbol perteneciente al género de las euforbiáceas conocido como ulcuahuit o árbol del hule (Castillo a Elástica Cérvida).

3.2.5.12. Cal.

Utilizada generalmente para disminuir la plasticidad y consecuentemente también los cambios volumétricos de un material arcilloso, la forma de más uso es cal hidratada, óxidos

o hidróxidos. Es técnicamente muy sencilla y bastante económica.

3.2.5.13. Cemento Portland.

Producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante.

Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados juntamente con el Clinker.

Utilizado generalmente para suelos arenosos o gravas finas, la mayor ventaja es el incremento de la resistencia, también se puede usar para suelos arcillosos, pero implica mayor porcentaje de este.

3.2.5.14. Cloruro de sodio o de calcio (sales).

Para arcillas y limos, ayudan en la compactación, impermeabilizan, disminuyen los polvos, benefician la resistencia del suelo y el comportamiento de estos ante la congelación, más sin embargo como la sal es muy soluble es considerada como muy poco durable.

3.2.5.15. Calidad de los suelos.

La calidad del suelo se refiere a la capacidad de poder resistir cargas a las cuales estará sometida, y se medirá mediante el ensayo de C.B.R

3.2.5.16. Técnica.

Es la aplicación de las normas para realizar los ensayos de laboratorio (clasificación de suelos, índice de plasticidad, Proctor modificado y C.B.R.).

3.2.5.17. Control del Suelo.

El control del suelo se realizará mediante ensayos de laboratorio, con los cuales se podrán determinar la clasificación del suelo y su resistencia.

3.2.5.18. Aditivos.

Materiales distintos del agua, de los agregados o del cemento hidráulico, utilizado como componente del concreto, y que se añade a éste antes o durante su mezclado a fin de modificar sus propiedades.

3.2.6. Estabilización de suelo con cloruro de sodio

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.

3.2.6.1. 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 (MgCl_2), sulfato de magnesio (MgSO_4), sulfato de calcio (CaSO_4), cloruro de potasio (KCl) y bromuro de magnesio (MgBr_2).

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. La 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 (Anticona,2012).

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.

3.2.6.2. Propiedades del cloruro de sodio.

Cuadro N° 4: Propiedades del Cloruro de Sodio

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/m ³ , 2.2 gr/cm ³
Masa	: 58.4 uma
Punto de Fusión	: 1074K (801 °C)
Punto de ebullición	: 1738 K (1465 °C)
Punto de descomposición	: 0K (-273.16 °C)
Temperatura crítica	: 0K (-273.16°C)
Presión de vapor	: 1 atm @ 463 °C
Densidad relativa	: 1.165
Solubilidad en agua	: muy soluble
Reactividad en agua	: ninguna

Riesgo	
Salud	: ligero
Inflamabilidad	: ninguna
Reactividad	: ninguna

Fuente: Roldán, J. (2010). *Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases*. Trabajo de Graduación para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Tipo, niveles, diseño y método de investigación

4.1.1. Ubicación geográfica donde se realiza la investigación.

El presente estudio fue realizado en el distrito de Chachapoyas.

El suelo arcilloso que se utilizó en el estudio pertenece al sector de Pucacruz ubicado a unos 5km aprox. de la plaza central de la ciudad de Chachapoyas.

Sus coordenadas UTM son:

Cuadro N° 5: Ubicación del suelo arcilloso

Lugar	Coordenadas UTM		
	Este	Norte	Cota
Sector Pucacruz-Chachapoyas	181761.4 m	9308981.5 m	2190 m.s.n.m

Fuente: Elaboración propia

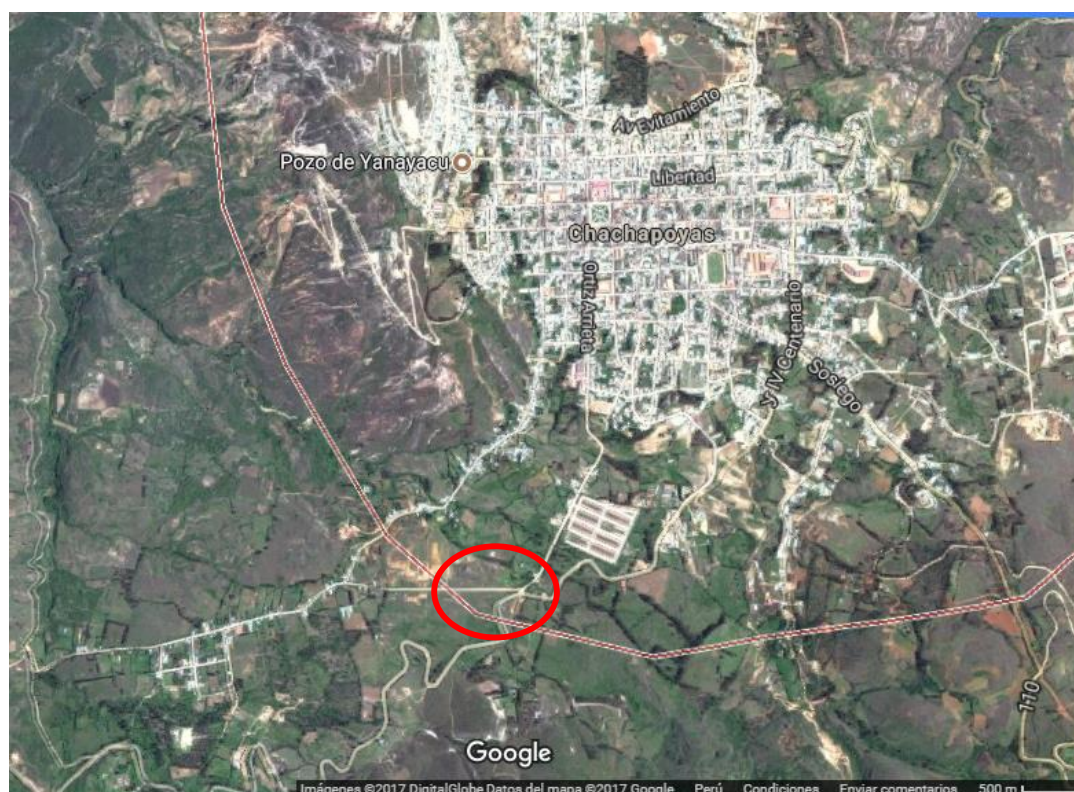


Figura N° 4: Ubicación del Sector Pucacruz (Google Earth).

4.1.2. Diseño y método de investigación

Cuadro N° 6 : Diseño y método de investigación

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Objetivos	Explicativa, experimental
Fuente de datos	Primaria
Contexto donde se desarrolla	Laboratorio, gabinete

Fuente: Elaboración propia

Es de conocer para cualquier ingeniero civil que, para cualquier diseño o aprovechamiento de un suelo es de suma importancia su clasificación y dependiendo de los resultados que se quiera obtener serán las pruebas que se le estudiará a dicho suelo. Así, no son las mismas pruebas que se someterá a un suelo para su utilización como capa sub-rasante o subyacente, a otro material que vaya a utilizarse como pétreo en una losa de concreto hidráulico o a otro material que se utilice en un suelo-cemento. Se hace necesario pues definir los procedimientos y los estudios que se tendrán que realizar para cada fin en específico (Jara,2014).

A continuación, se presentan los procedimientos empleados en este estudio para la clasificación del suelo, obtener sus características mecánicas e ingenieriles, y su posterior mezclado con el material estabilizante, que en este caso es cloruro de sodio.

Cabe aclarar que no es un diseño de una estabilización in situ, se trata de un estudio del comportamiento de un suelo arcilloso al adicionarle el material estabilizante determinadas en pruebas de laboratorio que se detallan en este capítulo.

4.1.3. Población de estudio

La población está conformada por suelos arcillosos del sector de Pucacruz, distrito de Chachapoyas, Amazonas.

4.1.4. Muestra

La muestra de suelo arcilloso es proveniente del sector de Pucacruz con la cual elaboramos ensayos adicionándole diferentes concentraciones de cloruro de sodio de 2%, 5%, 10%, 20%, 30% y 505 tal y como se muestra en el cuadro N° 5, donde M2, M5, M10, M20, M30 y M50, son las muestras para ensayar con las diferentes concentraciones de cloruro de sodio respectivamente.

Cuadro N° 7: Cantidad de muestra a ensayar

Cod.	Var						
	M2	M5	M10	M20	M30	M50	Parcial
Especímenes límite líquido y plástico	3	3	3	3	3	3	18
Especímenes Proctor modificado	3	3	3	3	3	3	18
Especímenes CBR	3	3	3	3	3	3	18
Total de ensayos							54

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. Unidad de análisis

Espécimen de suelo arcilloso con diferentes concentraciones de cloruro de sodio.

4.1.6. Técnicas e instrumentos de recolección.

Cuadro N° 8: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Variables	Recolección de datos		
	Fuente	Técnica	Instrumento
Límites de Atterberg	Primaria o directa	Observación directa	Límite líquido. ASTM D4318, AASHTO T89 Límite plástico. ASTM D 4318-84, AASHTO T190
Densidad máxima seca	Primaria o directa	Observación directa	Proctor modificado AASHTO T180 - 01 T180, ASTM D 1557
Valor relativo de soporte	Primaria o directa	Observación directa	AASHTO T190, ASTM D1883

Fuente: Elaboración propia

4.2. Procedimiento

4.2.1. Materiales utilizados

- ✓ Suelo arcilloso
- ✓ Agua potable
- ✓ Cloruro de sodio

4.2.2. Equipos utilizados

- ✓ Espátulas.
- ✓ Brochas.
- ✓ Flexómetro.
- ✓ Recipiente metálico.
- ✓ Horno eléctrico.
- ✓ Balanza con aproximación al 0.1 gr.
- ✓ Charola y cápsula de aluminio.
- ✓ Cucharón de lámina.
- ✓ Matraz aforado a 500 ml.
- ✓ Embudos.
- ✓ Probeta de 500 ml. de capacidad.

- ✓ Pizeta o gotero.
- ✓ Pipeta.
- ✓ Papel absorbente.
- ✓ Canastilla.
- ✓ Juego de mallas (comúnmente se utilizan: 3", 2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", No.4, No.10, No.20, No.40, No.60, No.100, No.200 y la Charola).
- ✓ Charolas rectangulares de 40X60 cms.
- ✓ Vaso de aluminio.
- ✓ Copa de Casagrande.
- ✓ Cápsula de porcelana.
- ✓ Calibrador con Vernier.
- ✓ Placa de vidrio.

4.2.3. Ensayos para el suelo patrón.

4.2.3.1. Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado.

Referencias: ASTM D421

Material:

- ✓ Muestra seca aproximadamente 300 gr. (material arcilloso).

Equipos:

- ✓ Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- ✓ Juego de tamices
- ✓ Estufa con control de temperatura
- ✓ Taras

Procedimiento

- ✓ Se secó la muestra.
- ✓ Se pesó la muestra seca (Ws)
- ✓ Colocando la muestra en un recipiente, se cubrió con agua y se dejó durante algunas horas.
- ✓ Se tamizó la muestra por la malla N° 200 mediante chorro de agua.
- ✓ La muestra retenida en la malla N° 200 se retiró en un recipiente y se dejó secar.

- ✓ Se pasó la muestra seca por el juego de tamices, agitando en forma manual y mecánica.
- ✓ Se calculó los porcentajes de los pesos retenidos en cada tamiz (% RP)

$$\% \text{ RP} = \text{PRP}/W_s * 100$$
- ✓ Se calculó los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz %RA, para lo cual se sumarán en forma progresiva los %RP.
- ✓ Se Calculó los porcentajes acumulados que pasan en cada tamiz.
- ✓ Se dibujó la curva granulométrica en escala semilogarítmica.

(ver anexos)

4.2.3.2. Límite líquido del suelo patrón.

Referencias: ASTM D4318, AASHTO T89, MTC E110-199, NTP 339-130.

Material:

- ✓ Muestra seca que pasa tamiz N°40.

Equipos:

- ✓ Tamiz N° 40.
- ✓ Copa Casagrande.
- ✓ Ranurador.
- ✓ Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- ✓ Estufa con control de temperatura.
- ✓ Espátula.
- ✓ Probeta de 100 ml.
- ✓ Capsula de porcelana.
- ✓ Taras identificadas.

Procedimiento

- ✓ En una capsula de porcelana se mezcló el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme.

- ✓ Se colocó una porción de la pasta en la copa de Casagrande, nivelar mediante la espátula hasta obtener un espesor de 1 cm.
- ✓ En el centro se realizó una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra quedó dividida en dos partes.
- ✓ Se elevó y dejó caer la copa mediante la nivela a razón de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto con la parte inferior de la ranura y a lo largo de 1.27 cm., se registró el número de golpes.
- ✓ Mediante la espátula se retiró la porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura y se colocó en una tara para determinar su contenido de humedad.
- ✓ Se retiró el suelo remanente de la copa Casagrande y colocar en la capsula de porcelana, agregamos agua si el número de golpes del ensayo anterior ha sido alto, y agregamos suelo si el número de golpes ha sido bajo. (el número de golpes debe estar comprendido entre 15 y 35).
- ✓ Se repitió el ensayo dos veces más.
- ✓ Dibujamos la curva de fluidez (la recta) en escala semilogarítmica, en el eje de las abscisas se registró el número de golpes en escala logarítmica, en el eje de ordenadas los contenidos de humedad en escala natural.
- ✓ Se determinó la orden correspondiente a los 25 golpes en la curva de fluidez, este valor será el límite líquido del suelo.

(Ver anexos)

4.2.3.3. Límite plástico del suelo patrón

Referencias: ASTM D4318, AASHTO T90, MTC EIII-199.

Material:

- ✓ Muestra seca una porción.

Equipos:

- ✓ Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- ✓ Estufa con control de temperatura.

- ✓ Espátula.
- ✓ Capsula de porcelana.
- ✓ Placa de vidrio.
- ✓ Taras identificadas.

Procedimiento

- ✓ A la porción de la mezcla preparada para el límite líquido se agregó suelo seco de tal manera que la pasta baje su contenido de humedad.
- ✓ Se enrolló la muestra con la mano sobre una placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3 mm. De diámetro y que presenten agrietamientos, determinamos su contenido de humedad.
- ✓ Se repitió el ensayo una vez más.
- ✓ El límite plástico es el promedio de los dos valores de contenidos de humedad.

4.2.3.4. Contenido de humedad del suelo patrón

Referencias: ASTM D2216- 92, MTC E 108- 199, NTP 339 -127

Material:

- ✓ Muestra alterada extraída del suelo en estudio.

Equipos:

- ✓ Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- ✓ Estufa con control de temperatura
- ✓ Taras

Procedimiento

- ✓ Se pesó la tara (W_t).
- ✓ Se pesó la muestra húmeda más la tara (W_{h+t})
- ✓ Se secó la muestra en la estufa, durante 24 horas a 105°C .
- ✓ Se pesó la muestra más la tara (W_{s+t}).
- ✓ Se determinó el peso del agua $W_w = (W_{h+t}) - (W_{s+t})$.
- ✓ Se determinó el peso de la muestra seca $W_s = (W_{s+t}) - (W_t)$.
- ✓ Se determinó el contenido de humedad $W\% = W_w/W_s * 100$

4.2.3.5. Ensayo de Proctor modificado suelo patrón.

Referencias: ASTM D 1557, AASHTO T180, MTC E115-199.

Equipo:

El equipo Proctor modificado es igual que el Proctor Estándar con la única diferencia siguiente:

- ✓ Un molde de compactación. Constituido por un cilindro metálico de 4" de diámetro interior por 4 ½" de altura y una extensión de 2 ½" de altura y de 4" de diámetro interior.
- ✓ Un pistón o martillo y su guía de 45 cm de caída y 4.54 kg de peso.
- ✓ Una regla metálica con arista cortante de 25 cm de largo.
- ✓ Una balanza de 30kg de capacidad y 1gr de sensibilidad.
- ✓ Una balanza de 500 gr de capacidad y de 0.01 gr de sensibilidad.
- ✓ Un horno que mantenga una temperatura constante entre 100-110 °C.
- ✓ Charolas metálicas.
- ✓ Probetas cuadradas de 500cm³
- ✓ Extractor de muestras.
- ✓ Tara para determinar humedad.

Procedimiento

Se obtiene por cuarteo una muestra representativa, previamente secada y que según el método a usarse será de 2.5 kilogramos.

- ✓ De la muestra ya preparada se esparce agua en cantidad tal que la humedad resulte un poco menor del 10%.
- ✓ Se revuelve completamente el material tratado que el agua agregada se distribuya uniformemente.
- ✓ La muestra preparada se coloca en el molde cilíndrico en cinco (5) capas, llenándose en cada capa aproximadamente

1/3 de su altura y se compacta cada capa de la forma siguiente:

- Se coloca el pistón de compactar con su guía, dentro del molde; se eleva el pistón hasta que alcance la parte superior y se suelta permitiendo que tenga una caída libre de 45.7 cm., se cambia de posición la guía, se levanta y se deja caer nuevamente el pistón. Se repite el procedimiento cambiando de lugar la guía de manera que con 25 0 56 (según método) golpes se cubra la superficie. Esta operación de compactación se repite en cinco capas de material.
- Al terminar la compactación de las capas, se quita la extensión y con la regla metálica se enraza la muestra al nivel superior del cilindro.
- Se limpia exteriormente el cilindro y se pesa con la muestra compactada anotando su peso (peso del material+ cilindro).
- Con ayuda del extractor de muestra se saca el material del molde y de la parte central del espécimen se toma aproximadamente 100gr. Y se pesa en la balanza de 0.01gr se sensibiliza anotando su peso. (Peso húmedo)
- Deposite el material en el horno a una temperatura de 100°C a 110°C por un periodo de 24 horas, transcurrido este periodo determine el peso seco del material.
- Se repiten estos pasos para todas las muestras necesarias.
- El cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$\gamma_h = \frac{W_m}{V_c} = \frac{W_{me} - W_e}{V_c}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1 + W}$$

Donde:

γ_h	:	Peso volumétrico húmedo.
γ_d	:	Peso volumétrico seco.
W_m	:	Peso de la muestra compactada.
W_e	:	Peso del molde cilíndrico.
V_c	:	Volumen cilíndrico.
W :		Contenido de humedad al tanto por uno.
W_{me}	:	Peso de muestra compactada + Peso del cilindro

El material para el ensayo serán las siguientes proporciones en peso:

- ✓ Para el 2% de NaCl tenemos: 2450 g de muestra de suelo.
- ✓ Para el 5% de NaCl tenemos: 2375 g de muestra de suelo.
- ✓ Para el 10% de NaCl tenemos: 2250 g de muestra de suelo.
- ✓ Para el 20% de NaCl tenemos: 2000 g de muestra de suelo.
- ✓ Para el 30% de NaCl tenemos: 1750 g de muestra de suelo.
- ✓ Para el 50% de NaCl tenemos: 1250 g de muestra de suelo.

4.2.3.6. Ensayo de CBR (California Bearing Ratio) suelo patrón.

Referencias: ASTM D 1883, ASTM D4429-93, AASHTO T190

Materiales

- ✓ Muestra alterada seca.
- ✓ Papel filtro.

Equipos:

- ✓ Equipo CBR (3 moldes cilíndricos con placa de base y collar de extensión, 3 discos espaciadores, 3 placas de expansión y sobrecarga cada una de 4.5kg. de peso y 3 trípodes)
- ✓ Pisón Proctor modificado.
- ✓ Balanza con aproximación de 1 gr
- ✓ Estufa con control de temperatura.
- ✓ Espátula.
- ✓ Probeta de 1 000 ml.
- ✓ Recipiente de 6 kg. de capacidad.
- ✓ Taras identificadas.

Procedimiento:

Consta de 3 fases: ensayo de compasión CBR, ensayo de hinchamiento y ensayo carga- penetración.

A. Ensayo de compactación CBR.

- ✓ Se Preparó la muestra con el contenido óptimo de humedad determinado en el ensayo de compactación Proctor modificado.
- ✓ Se ensambló los moldes cilíndricos con sus placas de base, collares de extensión, discos espaciadores y papeles filtro.
- ✓ Se compactó la muestra en los 3 CBR en cada uno de ellos en 5 capas, el primero con 12 golpes, el segundo con 25 golpes y el tercero con 56 golpes por capa.
- ✓ Se determinó la humedad de las muestras de cada molde.
- ✓ Se determinó la densidad seca de las muestras de cada molde.

B. Ensayo de hinchamiento

- ✓ Se Invirtió las muestras de tal manera que la superficie libre quede en la parte superior cuando se ensambla nuevamente los moldes en sus placas de base.

- ✓ Se colocó sobre cada muestra el papel filtro, la placa de expansión, la sobrecarga, el trípode y el dial de expansión.
- ✓ Se colocó los tres moldes debidamente equipados en un tanque de agua durante 3 días (72 horas), registrar las lecturas de expansión cada 24 horas.

C. Ensayo de carga - penetración.

- ✓ Después de los 3 días se retiró los moldes del tanque, se dejó drenar durante 15 minutos.
- ✓ Se colocó la sobrecarga en cada molde, llevamos a la prensa hidráulica, se procedió el ensayo de penetración. aplicando un pisón a una velocidad de 0.05 pulg/min., registramos las lecturas de carga y de penetración de cada muestra.
- ✓ Se determinó nuevamente la densidad humedad y el contenido de humedad de las muestras de cada molde.
- ✓ Se Dibujó las 03 curvas esfuerzos - deformación correspondientes a las muestras de cada molde, en escala natural, los valores de la penetración se registraron en el eje de las abscisas y los valores de los esfuerzos en el eje de las ordenadas. (algunas veces es necesario corregir las curvas y cambiar el origen de las coordenadas.
- ✓ Se Determinó los esfuerzos correspondientes a 0.1 y 0.2 de penetración de cada una de las curvas esfuerzo - deformación.
- ✓ Se determinamos los índices CBR para 0.1 y 0.2 de penetración, los cuales se obtienen dividiendo cada valor correspondiente a 0.1" y 0.2" de la muestra ensayada entre el esfuerzo correspondiente a 0.1" y 0.2" de la muestra ensayada entre el esfuerzo patrón correspondiente a 0.1" y 0.2" de la muestra ensayada entre el esfuerzo patrón correspondiente a 0.1" y 0.2".

$$CBR = \frac{\sigma_t}{\sigma_p} \times 100$$

σ_t = Esfuerzo de la muestra ensayada.

σ_p = Esfuerzo patrón.

- ✓ Se dibujó las dos curvas densidad seca versus CBR correspondientes a 0.1" y 0.2" de penetración.
- ✓ El índice CBR de diseño es el menor valor obtenido correspondiente al 95% de densidad seca máxima.

Para este ensayo las muestras fueron las siguientes proporciones en peso:

- ✓ Para el 2% de NaCl tenemos: 5880 g de muestra de suelo.
- ✓ Para el 5% de NaCl tenemos: 5700 g de muestra de suelo.
- ✓ Para el 10% de NaCl tenemos: 5400 g de muestra de suelo.
- ✓ Para el 20% de NaCl tenemos: 4800 g de muestra de suelo.
- ✓ Para el 30% de NaCl tenemos: 4200 g de muestra de suelo.
- ✓ Para el 50% de NaCl tenemos: 3000 g de muestra de suelo.

4.2.4. Ensayos para el suelo arcilloso con adición de 2%,5%,10%,20%,30% y 50% de cloruro de sodio.

Los procedimientos fueron los mismos realizados en el acápite 4.2.3, Ensayos para el suelo arcilloso patrón con la diferencia que las muestras fueron alteradas con la adición de cloruro de sodio.

La meseta de los diferentes porcentajes de cloruro de sodio se realizó manualmente y los porcentajes de sal están consideradas en peso de la muestra seca.

Los cálculos de los ensayos se presentan en la sección de anexos para los diferentes porcentajes de cloruro de sodio.

V. RESULTADOS

5.1 Cuadro resumen de resultados

Cuadro N° 9: Resumen de resultados

Ensayos		Muestras con diferentes concentraciones de NaCl																				
		M0			M2			M5			M10			M20			M30			M50		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Límites de Atterberg	Límite líquido (%)	64.2	64.4	65	50.2	50.6	56.1	46.3	46.8	47.2	40.8	41.1	41.6	36.2	36.6	37.1	36.4	36.6	37.2	29.1	29.5	30
	Límite plástico (%)	25.8	26.2	26.8	25.1	25.5	25.9	27.6	28.2	28.6	20.8	21.1	21.7	25.6	26	26.7	26.1	26.8	27.1	19.6	20.1	20.6
	Índice de plasticidad	37.8	38.2	38.4	24.8	25.1	25.6	18.1	18.5	18.9	19.1	19.9	20.4	10.1	10.6	10.9	9.1	9.8	10.2	9.1	9.4	9.7
Proctor modificado	Óptimo contenido de humedad (%)	18.6	18.8	19.1	14.6	14.8	15.1	12.7	12.9	13.2	10.7	10.9	11.3	8.5	8.9	9.2	6.8	7.2	7.6	6.4	6.8	7.1
	Densidad seca máxima (g/cm ³)	1.7	1.722	1.731	1.765	1.778	1.789	1.792	1.804	1.813	1.825	1.836	1.841	1.865	1.877	1.882	1.902	1.913	1.925	1.902	1.917	1.923
CBR	CBR	1.5	1.6	1.7	2.5	2.7	2.9	2.7	2.9	3.2	3.6	4	4.4	4.2	4.6	5	5.6	6	6.4	11.1	11.4	11.7

Fuente: Elaboración propia

5.2. Detalle de resultados

5.2.1. Límites de Atterberg

Influencia de la sal obtenidos de los límites de Atterberg para el material se presentan en el cuadro N°06

Cuadro N° 10: Características de plasticidad para el material Arcilla

Clasificación SUCS	IP (%)	LL (%)	LP (%)	Color	Sal (%)
CH	38.2	64.4	26.2	beige	0
CH	25.1	50.6	25.5	beige	2
CH	18.5	46.8	28.2	beige	5
CL	19.9	41.1	21.1	beige	10
CL	10.6	36.6	26	beige	20
CL	9.8	36.6	26.8	beige	30
CL	9.4	29.5	20.1	beige	50

Fuente: Elaboración propia

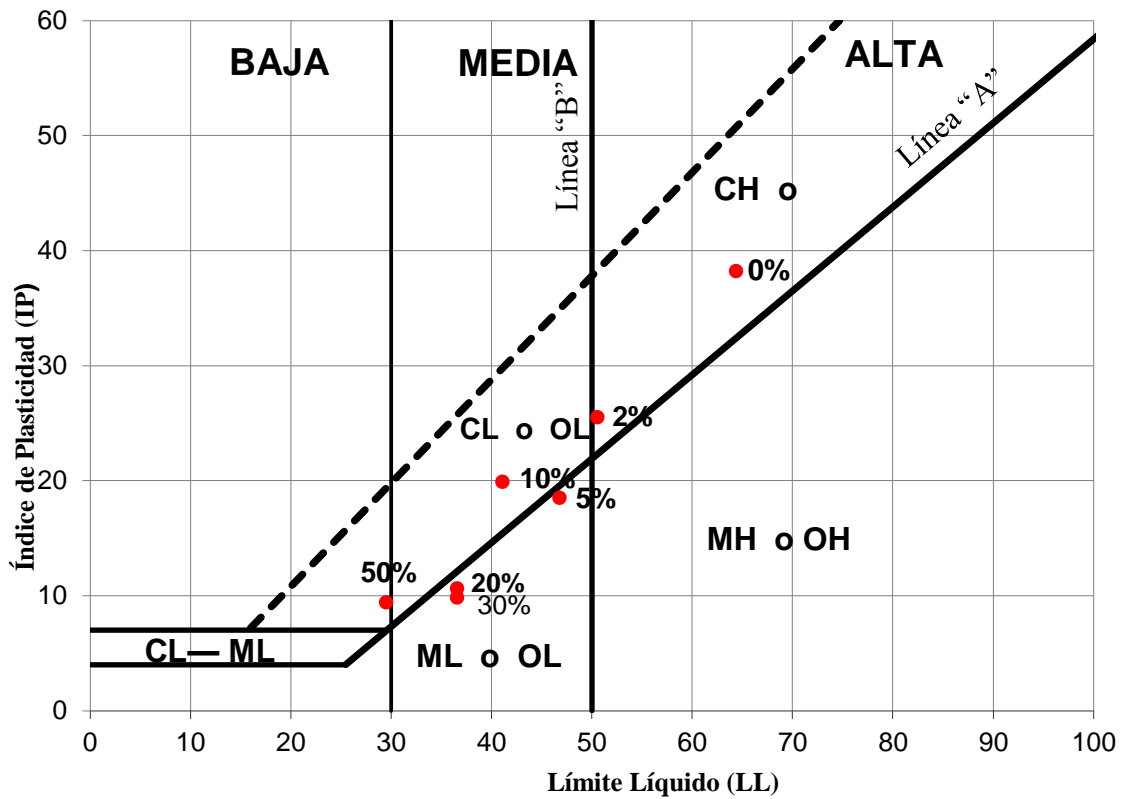


Figura N° 5: Comparación de los límites de Atterberg con las diferentes cantidades adicionales de cloruro de sodio

Se observa como a medida que se incrementa el contenido de sal el material (Arcilla) disminuye su plasticidad por lo cual tiene mejores características mecánicas, cuando el suelo tiene 5% de sal pasa de arcilla de alta plasticidad (CH), a arcilla de baja plasticidad (CL), es decir pasan al lado izquierdo de la línea B en la carta de plasticidad.

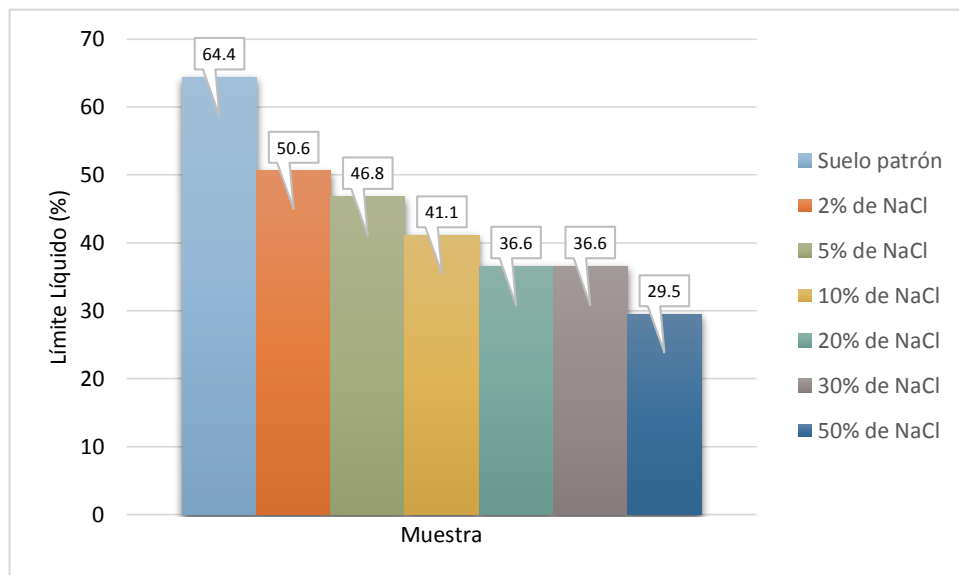


Figura N° 6: Límite líquido para las diferentes concentraciones de NaCl

Este gráfico muestra que con la incorporación gradual de sal 2%, 5%, 10%, 20%, 30% y 50% en forma granel disminuye el límite líquido, disminuyendo en 50.6%, 46.8%, 41.1%, 36.6%, 36.6% y 29.5% respectivamente y siendo el límite líquido del suelo patrón de 64.4%

Al disminuir el límite líquido también lo hace el límite plástico.

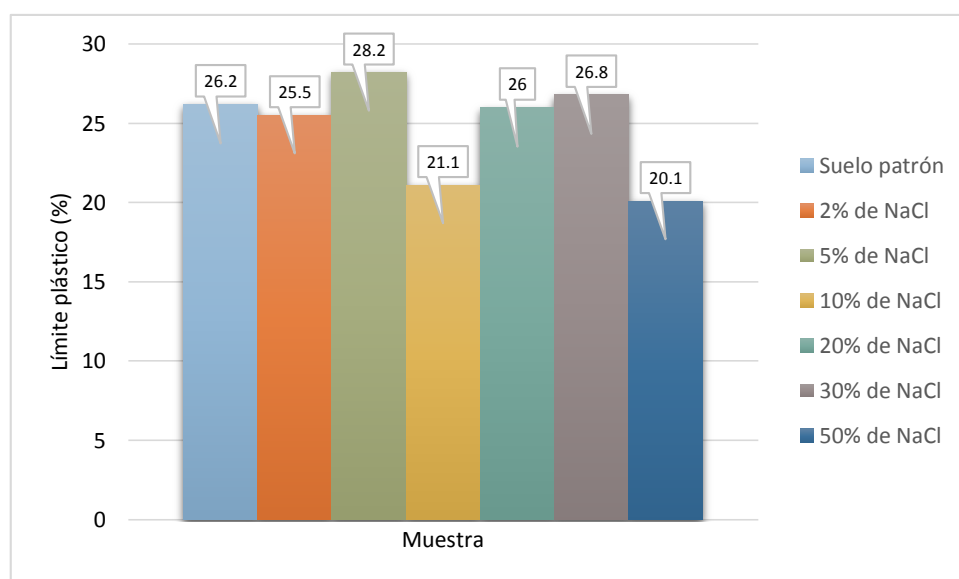


Figura N° 7: Límite plástico para las diferentes concentraciones de NaCl

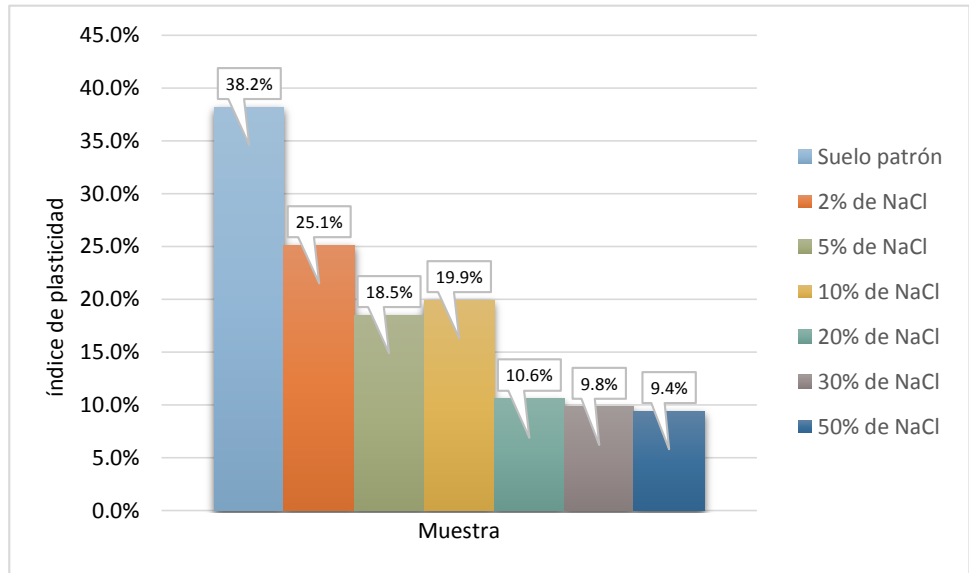


Figura N° 8: Índice de plasticidad para las diferentes concentraciones de NaCl.

- ✓ El índice de plasticidad decae en un 51.57 % con respecto al índice de plasticidad del suelo sin agregar cloruro de sodio con respecto del suelo con adición de cloruro de sodio al 5%.

5.2.2. Proctor Modificado

5.2.2.1. Proctor con 0% de NaCl

Ensayo Proctor realizado, el comportamiento de la arcilla sin cloruro de sodio trabaja de la siguiente manera.

Cuadro N° 11: Proctor con 0% de NaCl

Proctor con 0% de NaCl				
Contenido de Humedad (%)	16.34	18.27	19.23	22.21
MDS (g/cm ³)	1.526	1.714	1.718	1.539
Cantidad de agua añadida (cm ³)	350	400	450	500

Fuente: Laboratorio de mecánica de Suelos – DRTC Amazonas

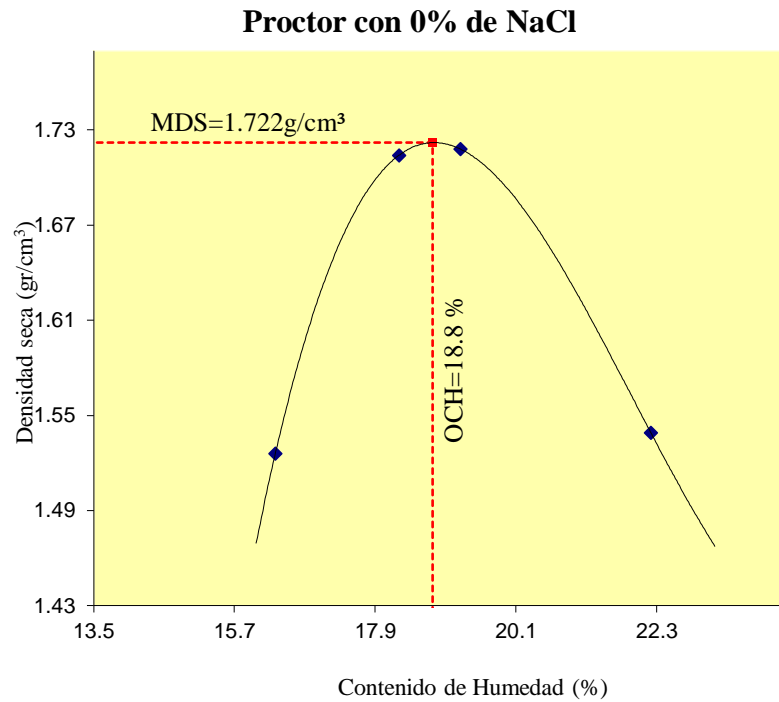


Figura N° 9: Densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad de suelo patrón

Datos obtenidos:

- ✓ Óptimo contenido de Humedad : 18.8%
- ✓ Máxima Densidad Seca : 1.722 g/cm³

5.2.2.2. Proctor con 2% de NaCl

Ensayo Proctor realizado, el comportamiento de la arcilla con 2% de cloruro de sodio trabaja de la siguiente manera.

Cuadro N° 12: Proctor con 2% de NaCl

Proctor con 2% de NaCl				
Contenido de Humedad (%)	12.15	14.19	15.69	18.30
MDS (g/cm³)	1.64	1.773	1.762	1.614
Cantidad de agua añadida (cm³)	350	400	450	500

Fuente: Laboratorio de mecánica de Suelos – DRTC Amazonas

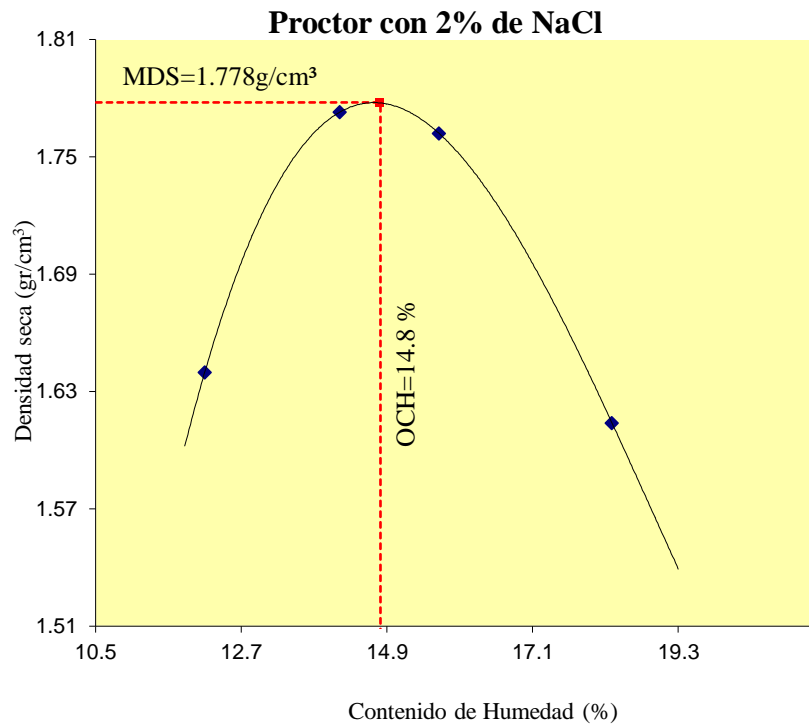


Figura N° 10: Densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad de suelo con 2% de NaCl

Datos obtenidos:

- ✓ Óptimo contenido de Humedad : 14.8%
- ✓ Máxima Densidad Seca : 1.778 g/cm³

5.2.2.3. Proctor con 5% de NaCl

Ensayo Proctor realizado, el comportamiento de la arcilla con 5% de cloruro de sodio trabaja de la siguiente manera.

Cuadro N° 13: Proctor con 5% de NaCl

Proctor con 5% de NaCl				
Contenido de Humedad (%)	9.28	11.63	14.32	16.13
MDS (g/cm ³)	1.719	1.789	1.779	1.659
Cantidad de agua añadida (cm ³)	350	400	450	500

Fuente: Laboratorio de mecánica de Suelos – DRTC Amazonas

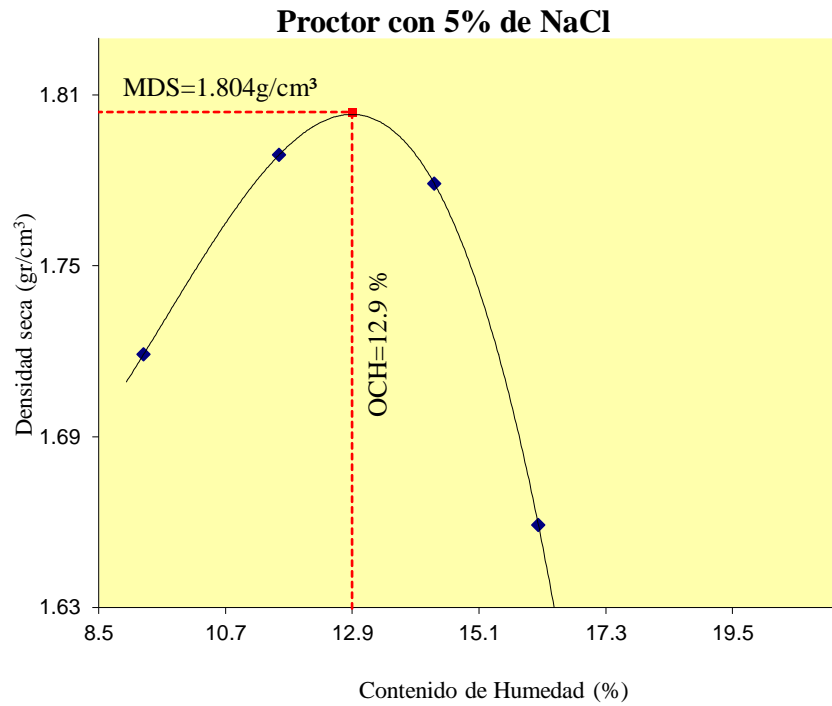


Figura N° 11: Densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad de suelo con 5% de NaCl

Datos obtenidos:

- ✓ Óptimo contenido de Humedad : 12.9%
- ✓ Máxima Densidad Seca : 1.804 g/cm³

5.2.2.4. Proctor con 10% de NaCl

Ensayo Proctor realizado, el comportamiento de la arcilla con 10% de cloruro de sodio trabaja de la siguiente manera.

Cuadro N° 14: Proctor con 10% de NaCl

Proctor con 10% de NaCl				
Contenido de Humedad (%)	8.02	9.94	11.97	14.00
MDS (g/cm ³)	1.742	1.823	1.821	1.705
Cantidad de agua añadida (cm ³)	350	400	450	500

Fuente: Laboratorio de mecánica de Suelos – DRTC Amazonas

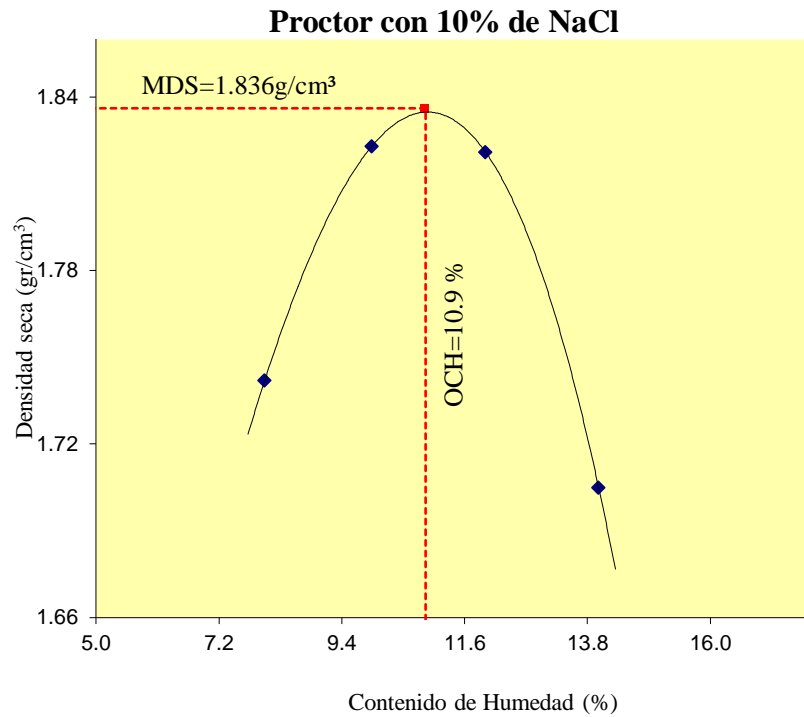


Figura N° 12: Densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad de suelo con 10% de NaCl

Datos obtenidos:

- ✓ Óptimo contenido de Humedad : 10.9%
- ✓ Máxima Densidad Seca : 1.836 g/cm³

5.2.2.5. Proctor con 20% de NaCl

Ensayo Proctor realizado, el comportamiento de la arcilla con 20% de cloruro de sodio trabaja de la siguiente manera.

Cuadro N° 15: Proctor con 20% de NaCl

Proctor con 20% de NaCl				
Contenido de Humedad (%)	5.79	7.80	10.00	12.70
MDS (g/cm ³)	1.806	1.866	1.868	1.742
Cantidad de agua añadida (cm ³)	350	400	450	500

Fuente: Laboratorio de mecánica de Suelos – DRTC Amazonas

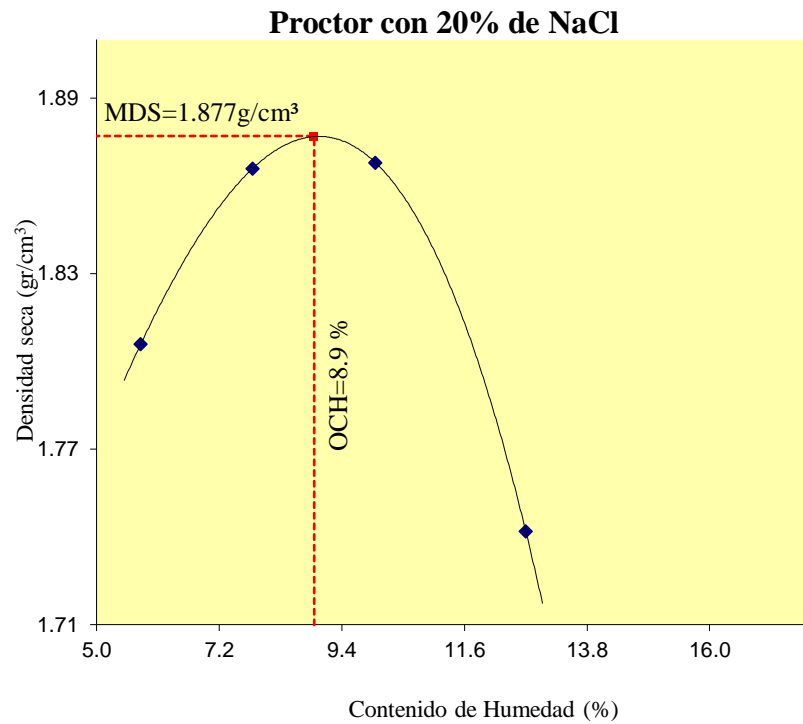


Figura N° 13: Densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad de suelo con 20% de NaCl

Datos obtenidos:

- ✓ Óptimo contenido de Humedad : 8.9 %
- ✓ Máxima Densidad Seca : 1.877 g/cm³

5.2.2.6. Proctor con 30% de NaCl

Ensayo Proctor realizado, el comportamiento de la arcilla con 30% de cloruro de sodio trabaja de la siguiente manera.

Cuadro N° 16: Proctor con 30% de NaCl

Proctor con 30% de NaCl				
Contenido de Humedad (%)	4.24	6.33	8.24	9.76
MDS (g/cm ³)	1.832	1.902	1.899	1.803
Cantidad de agua añadida (cm ³)	300	350	400	450

Fuente: Laboratorio de mecánica de Suelos – DRTC Amazonas

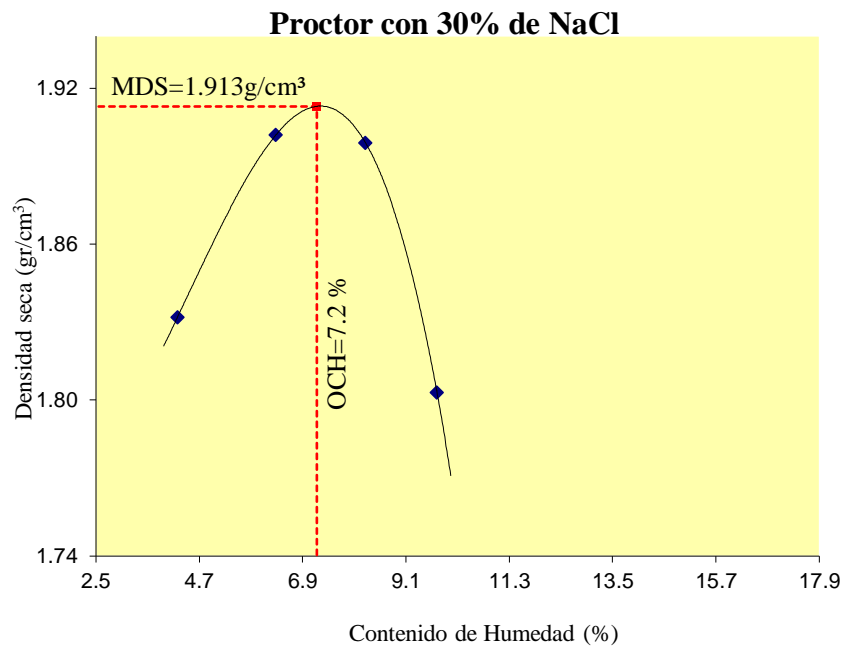


Figura N° 14: Densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad de suelo con 30% de NaCl

Datos obtenidos:

- ✓ Óptimo contenido de Humedad : 7.2 %
- ✓ Máxima Densidad Seca : 1.913 g/cm³

5.2.2.7. Proctor con 50% de NaCl

Ensayo Proctor realizado, el comportamiento de la arcilla con 50% de cloruro de sodio trabaja de la siguiente manera.

Cuadro N° 171: Proctor con 50% de NaCl

Proctor con 50% de NaCl				
Contenido de Humedad (%)	3.67	6.00	7.66	9.19
MDS (g/cm ³)	1.832	1.905	1.903	1.794
Cantidad de agua añadida (cm ³)	300	350	400	450

Fuente: Laboratorio de mecánica de Suelos – DRTC Amazonas

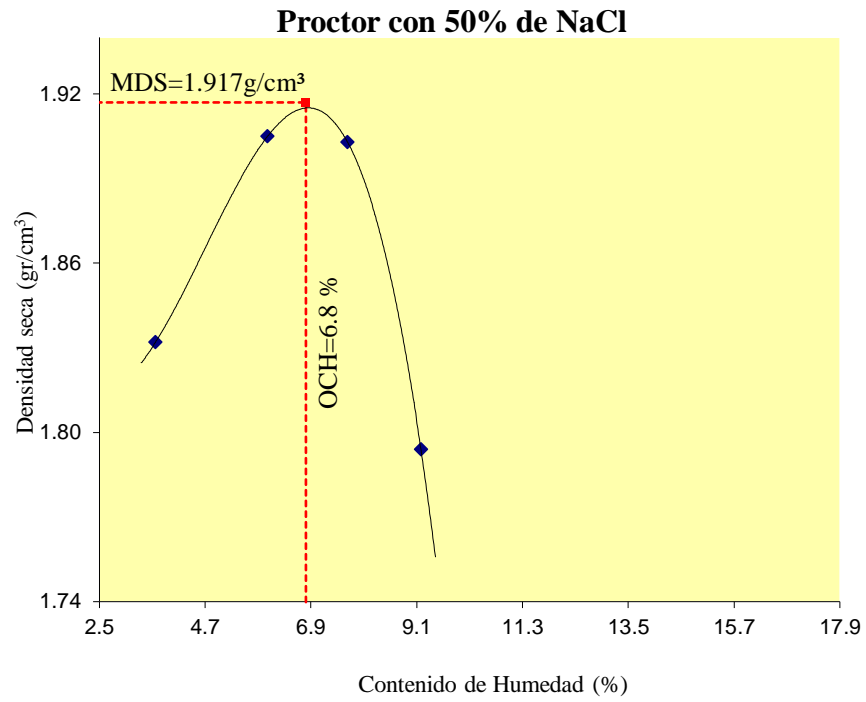


Figura N° 15: Densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad de suelo con 50% de NaCl

Datos obtenidos:

- ✓ Óptimo contenido de Humedad : 6.8 %
- ✓ Máxima Densidad Seca : 1.917 g/cm³

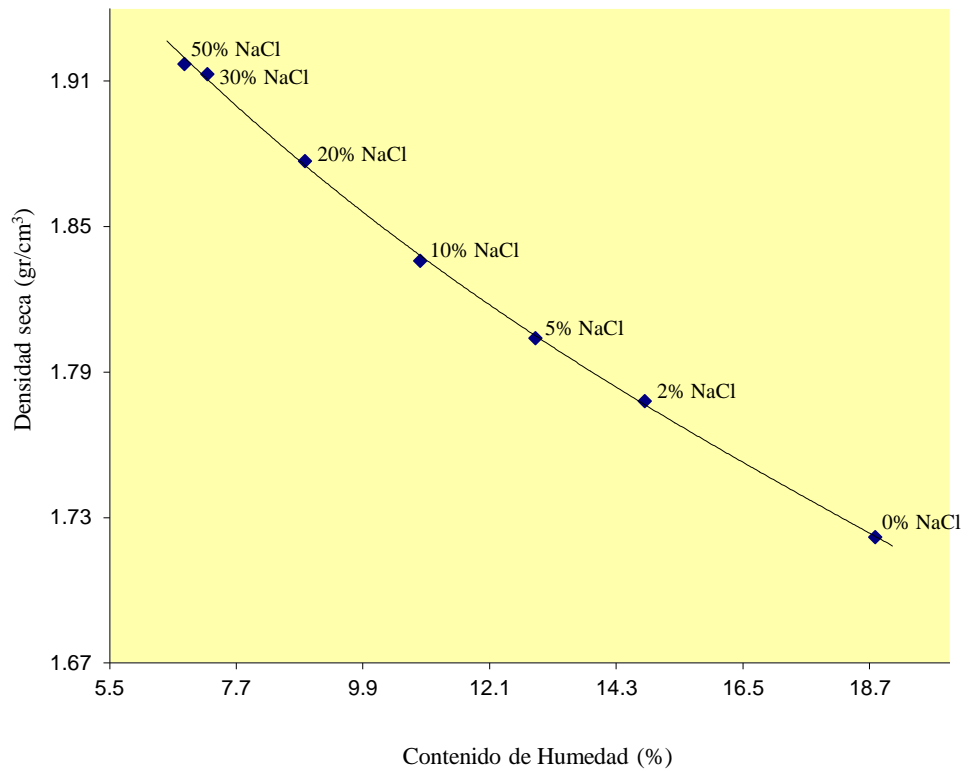


Figura N° 16: Variación de la densidad seca máxima con las diferentes concentraciones de cloruro de sodio.

5.2.3. Valor Soporte California (CBR)

5.2.3.1 CBR con 0% de NaCl

Ensayo de valor soporte California realizado el comportamiento de la arcilla sin cloruro de sodio se presenta en el siguiente cuadro:

Humedad óptima : 18.8%

Datos obtenidos:

Resistencia a la penetración

57 golpes

- Penetración 1 : 10.3 kg
- Penetración 2 : 16.8 kg

- Penetración 3 : 22.7 kg
- Penetración 4 : 26.0 kg
- Penetración 5 : 36.9 kg
- Penetración 6 : 42.5 kg
- Penetración 7 : 50.3 kg
- Penetración 8 : 60.2 kg
- Penetración 9 : 65.8 kg
- Penetración 10 : 68.7 kg

25 golpes

- Penetración 1 : 8.9 kg
- Penetración 2 : 12.8 kg
- Penetración 3 : 18.9 kg
- Penetración 4 : 22.8 kg
- Penetración 5 : 27.5 kg
- Penetración 6 : 38.4 kg
- Penetración 7 : 44.2 kg
- Penetración 8 : 48.9 kg
- Penetración 9 : 50.2 kg
- Penetración 10 : 52.6 kg

12 golpes

- Penetración 1 : 4.2 kg
- Penetración 2 : 7.8 kg
- Penetración 3 : 12.8 kg
- Penetración 4 : 18.7 kg
- Penetración 5 : 22.8 kg
- Penetración 6 : 29.9 kg
- Penetración 7 : 32.7 kg
- Penetración 8 : 34.8 kg
- Penetración 9 : 38.7 kg
- Penetración 10 : 42.5 kg

Cuadro N° 18: Resultados con 0% de NaCl

Proctor Modificado (ASTM D-1557)	
Método de compactación	"A"
Máxima densidad Seca (kg/cm ³)	1.722
Optimo contenido de humedad (%)	18.8
CBR (ASTM D-1883)	
CBR a 2,54mm de penetración	
CBR al 100% de la MDS (%)	1.8
CBR al 95% de la MDS (%)	1.6
CBR a 5.08mm de penetración	
CBR al 100% de la MDS (%)	2
CBR al 95% de la MDS (%)	1.7

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos DRTC-Amazonas

5.2.3.2 CBR con 2% de NaCl

Ensayo de valor soporte California realizado el comportamiento de la arcilla sin cloruro de sodio es la siguiente:

Humedad Optima : 14.8%

Datos obtenidos:

Resistencia a la penetración

57 golpes

- Penetración 1 : 19.5 kg
- Penetración 2 : 26.4 kg
- Penetración 3 : 38.7 kg
- Penetración 4 : 48.5 kg
- Penetración 5 : 55.9 kg
- Penetración 6 : 68.4 kg
- Penetración 7 : 72.5 kg

- Penetración 8 : 77.8 kg
- Penetración 9 : 80.2 kg
- Penetración 10 : 85.6 kg

25 golpes

- Penetración 1 : 13.8 kg
- Penetración 2 : 20.8 kg
- Penetración 3 : 31.4 kg
- Penetración 4 : 39.4 kg
- Penetración 5 : 48.5 kg
- Penetración 6 : 54.3 kg
- Penetración 7 : 58.0 kg
- Penetración 8 : 61.0 kg
- Penetración 9 : 65.8 kg
- Penetración 10 : 71.1 kg

12 golpes

- Penetración 1 : 7.2 kg
- Penetración 2 : 12.8 kg
- Penetración 3 : 16.9 kg
- Penetración 4 : 20.6 kg
- Penetración 5 : 27.8 kg
- Penetración 6 : 32.8 kg
- Penetración 7 : 37.8 kg
- Penetración 8 : 42.1 kg
- Penetración 9 : 45.7 kg
- Penetración 10 : 48.9 kg

Cuadro N° 19: Resultados con 2% de NaCl

Proctor Modificado (ASTM D-1557)	
Método de compactación	"A"
Máxima densidad Seca (kg/cm ³)	1.778
Optimo contenido de humedad (%)	14.8
CBR (ASTM D-1883)	
CBR a 2,54mm de penetración	
CBR al 100% de la MDS (%)	3.4
CBR al 95% de la MDS (%)	2.7
CBR a 5.08mm de penetración	
CBR al 100% de la MDS (%)	3.7
CBR al 95% de la MDS (%)	3

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos DRTC-Amazonas

5.2.3.3 CBR con 5% de NaCl

Ensayo de valor soporte California realizado el comportamiento de la arcilla sin cloruro de sodio es la siguiente:

Humedad Optima : 12.9%

Datos obtenidos:

Resistencia a la penetración

57 golpes

- Penetración 1 : 33.1 kg
- Penetración 2 : 42.2 kg
- Penetración 3 : 48.9 kg
- Penetración 4 : 58.4 kg
- Penetración 5 : 68.3 kg
- Penetración 6 : 78.3 kg
- Penetración 7 : 85.4 kg
- Penetración 8 : 93.2 kg
- Penetración 9 : 100.6 kg

- Penetración 10 : 105.1 kg

25 golpes

- Penetración 1 : 22.2 kg
- Penetración 2 : 32.6 kg
- Penetración 3 : 42.3 kg
- Penetración 4 : 49.0 kg
- Penetración 5 : 62.9 kg
- Penetración 6 : 68.3 kg
- Penetración 7 : 74.1 kg
- Penetración 8 : 80.7 kg
- Penetración 9 : 87.6 kg
- Penetración 10 : 89.1 kg

12 golpes

- Penetración 1 : 7.2 kg
- Penetración 2 : 12.8 kg
- Penetración 3 : 16.9 kg
- Penetración 4 : 20.6 kg
- Penetración 5 : 27.8 kg
- Penetración 6 : 32.8 kg
- Penetración 7 : 37.8 kg
- Penetración 8 : 42.1 kg
- Penetración 9 : 45.7 kg
- Penetración 10 : 48.9 kg

Cuadro N° 20: Resultados con 5% de NaCl

Proctor Modificado (ASTM D-1557)	
Método de compactación	"A"
Máxima densidad Seca (kg/cm ³)	1.804
Optimo contenido de humedad (%)	12.9
CBR (ASTM D-1883)	
CBR a 2,54mm de penetración	
CBR al 100% de la MDS (%)	4.1
CBR al 95% de la MDS (%)	2.9
CBR a 5.08mm de penetración	
CBR al 100% de la MDS (%)	4.5
CBR al 95% de la MDS (%)	3.2

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos DRTC-Amazonas

5.2.3.4 CBR con 10% de NaCl

Ensayo de valor soporte California realizado el comportamiento de la arcilla sin cloruro de sodio es la siguiente:

Humedad Optima : 10.9%

Datos obtenidos:

Resistencia a la penetración

57 golpes

- Penetración 1 : 28.6 kg
- Penetración 2 : 42.2 kg
- Penetración 3 : 54.2 kg
- Penetración 4 : 70.2 kg
- Penetración 5 : 88.5 kg
- Penetración 6 : 95.6 kg
- Penetración 7 : 105.4 kg

- Penetración 8 : 112.5 kg
- Penetración 9 : 117.5 kg
- Penetración 10 : 120.7 kg

25 golpes

- Penetración 1 : 22.2 kg
- Penetración 2 : 38.9 kg
- Penetración 3 : 47.6 kg
- Penetración 4 : 58.7 kg
- Penetración 5 : 72.1 kg
- Penetración 6 : 84.5 kg
- Penetración 7 : 93.5 kg
- Penetración 8 : 100.6 kg
- Penetración 9 : 109.6 kg
- Penetración 10 : 114.7 kg

12 golpes

- Penetración 1 : 9.6 kg
- Penetración 2 : 17.8 kg
- Penetración 3 : 26.5 kg
- Penetración 4 : 37.6 kg
- Penetración 5 : 48.5 kg
- Penetración 6 : 55.7 kg
- Penetración 7 : 60.2 kg
- Penetración 8 : 65.2 kg
- Penetración 9 : 70.5 kg
- Penetración 10 : 76.2 kg

Cuadro N° 21: Resultados con 10% de NaCl

Proctor Modificado (ASTM D-1557)	
Método de compactación	"A"
Máxima densidad Seca (kg/cm ³)	1.836
Optimo contenido de humedad (%)	10.9
CBR (ASTM D-1883)	
CBR a 2,54mm de penetración	
CBR al 100% de la MDS (%)	4.9
CBR al 95% de la MDS (%)	4
CBR a 5.08mm de penetración	
CBR al 100% de la MDS (%)	5.1
CBR al 95% de la MDS (%)	4.2

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos DRTC-Amazonas

5.2.3.5 CBR con 20% de NaCl

Ensayo de valor soporte California realizado el comportamiento de la arcilla sin cloruro de sodio es la siguiente:

Humedad Optima : 8.9 %

Datos obtenidos:

Resistencia a la penetración

57 golpes

- Penetración 1 : 30.2 kg
- Penetración 2 : 42.2 kg
- Penetración 3 : 65.4 kg
- Penetración 4 : 85.6 kg
- Penetración 5 : 110.5 kg
- Penetración 6 : 125.6 kg
- Penetración 7 : 145.2 kg
- Penetración 8 : 155.4 kg

- Penetración 9 : 162.5 kg
- Penetración 10 : 169.6 kg

25 golpes

- Penetración 1 : 23.4 kg
- Penetración 2 : 36.4 kg
- Penetración 3 : 57.8 kg
- Penetración 4 : 73.7 kg
- Penetración 5 : 97.8 kg
- Penetración 6 : 111.8 kg
- Penetración 7 : 121.0 kg
- Penetración 8 : 129.8 kg
- Penetración 9 : 146.7 kg
- Penetración 10 : 153.6 kg

12 golpes

- Penetración 1 : 14.2 kg
- Penetración 2 : 24.3 kg
- Penetración 3 : 35.5 kg
- Penetración 4 : 48.2 kg
- Penetración 5 : 65.5 kg
- Penetración 6 : 81.8 kg
- Penetración 7 : 95.6 kg
- Penetración 8 : 105.4 kg
- Penetración 9 : 114.2 kg
- Penetración 10 : 118.5 kg

Cuadro N° 22: Resultados con 20% de NaCl

Proctor Modificado (ASTM D-1557)	
Método de compactación	"A"
Máxima densidad Seca (kg/cm ³)	1.877
Optimo contenido de humedad (%)	8.9
CBR (ASTM D-1883)	
CBR a 2,54mm de penetración	
CBR al 100% de la MDS (%)	5.9
CBR al 95% de la MDS (%)	4.6
CBR a 5.08mm de penetración	
CBR al 100% de la MDS (%)	6.2
CBR al 95% de la MDS (%)	5.1

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos DRTC-Amazonas

5.2.3.6 CBR con 30% de NaCl

Ensayo de valor soporte California realizado el comportamiento de la arcilla sin cloruro de sodio es la siguiente:

Humedad Optima : 7.2 %

Datos obtenidos:

Resistencia a la penetración

57 golpes

- Penetración 1 : 30.2 kg
- Penetración 2 : 65.8 kg
- Penetración 3 : 85.8 kg
- Penetración 4 : 115.4 kg
- Penetración 5 : 150.9 kg
- Penetración 6 : 175.6 kg
- Penetración 7 : 195.6 kg
- Penetración 8 : 206.4 kg

- Penetración 9 : 225.6 kg
- Penetración 10 : 231.9 kg

25 golpes

- Penetración 1 : 28.4 kg
- Penetración 2 : 46.4 kg
- Penetración 3 : 67.8 kg
- Penetración 4 : 90.5 kg
- Penetración 5 : 120.4 kg
- Penetración 6 : 140.4 kg
- Penetración 7 : 165.6 kg
- Penetración 8 : 185.6 kg
- Penetración 9 : 205.5 kg
- Penetración 10 : 217.6 kg

12 golpes

- Penetración 1 : 20.4 kg
- Penetración 2 : 35.4 kg
- Penetración 3 : 45.2 kg
- Penetración 4 : 60.4 kg
- Penetración 5 : 85.6 kg
- Penetración 6 : 100.5 kg
- Penetración 7 : 122.4 kg
- Penetración 8 : 145.2 kg
- Penetración 9 : 170.2 kg
- Penetración 10 : 185.6 kg

Cuadro N° 23: Resultados con 30% de NaCl

Proctor Modificado (ASTM D-1557)	
Método de compactación	"A"
Máxima densidad Seca (kg/cm ³)	1.913
Optimo contenido de humedad (%)	7.2
CBR (ASTM D-1883)	
CBR a 2,54mm de penetración	
CBR al 100% de la MDS (%)	8.1
CBR al 95% de la MDS (%)	6
CBR a 5.08mm de penetración	
CBR al 100% de la MDS (%)	8.8
CBR al 95% de la MDS (%)	6.6

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos DRTC-Amazonas

5.2.3.7 CBR con 50% de NaCl

Ensayo de valor soporte California realizado el comportamiento de la arcilla sin cloruro de sodio es la siguiente:

Humedad Optima : 6.8 %

Datos obtenidos:

Resistencia a la penetración

57 golpes

- Penetración 1 : 35.2 kg
- Penetración 2 : 93.4 kg
- Penetración 3 : 179.5 kg
- Penetración 4 : 224.1 kg
- Penetración 5 : 267.6 kg
- Penetración 6 : 301.2 kg
- Penetración 7 : 342.8 kg
- Penetración 8 : 364.9 kg
- Penetración 9 : 375.2 kg
- Penetración 10 : 383.9 kg

25 golpes

- Penetración 1 : 30.0 kg
- Penetración 2 : 92.7 kg
- Penetración 3 : 125.8 kg
- Penetración 4 : 165.6 kg
- Penetración 5 : 205.6 kg
- Penetración 6 : 235.4 kg
- Penetración 7 : 255.4 kg
- Penetración 8 : 285.7 kg
- Penetración 9 : 302.6 kg
- Penetración 10 : 318.8 kg

12 golpes

- Penetración 1 : 20.1 kg
- Penetración 2 : 40.1 kg
- Penetración 3 : 82.3 kg
- Penetración 4 : 120.5 kg
- Penetración 5 : 169.2 kg
- Penetración 6 : 186.7 kg
- Penetración 7 : 198.6 kg
- Penetración 8 : 209.9 kg
- Penetración 9 : 227.2 kg
- Penetración 10 : 242.6 kg

Cuadro N° 24: Resultados con 50% de NaCl

Proctor Modificado (ASTM D-1557)	
Método de compactación	"A"
Máxima densidad Seca (kg/cm ³)	1.917
Optimo contenido de humedad (%)	6.8
CBR (ASTM D-1883)	
CBR a 2,54mm de penetración	
CBR al 100% de la MDS (%)	15.7
CBR al 95% de la MDS (%)	11.4
CBR a 5.08mm de penetración	
CBR al 100% de la MDS (%)	16.9
CBR al 95% de la MDS (%)	12.6

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos DRTC-Amazonas

Cuadro N° 25: CBR a 2,54mm de penetración

CBR (ASTM D-1883)		
% NaCl	CBR al 100% de la MDS (%)	CBR al 95% de la MDS (%)
0%	1.8	1.6
2%	3.4	2.7
5%	4.1	2.9
10%	4.9	4
20%	5.9	4.6
30%	8.1	6
50%	15.7	11.4

Fuente: Elaboración propia.

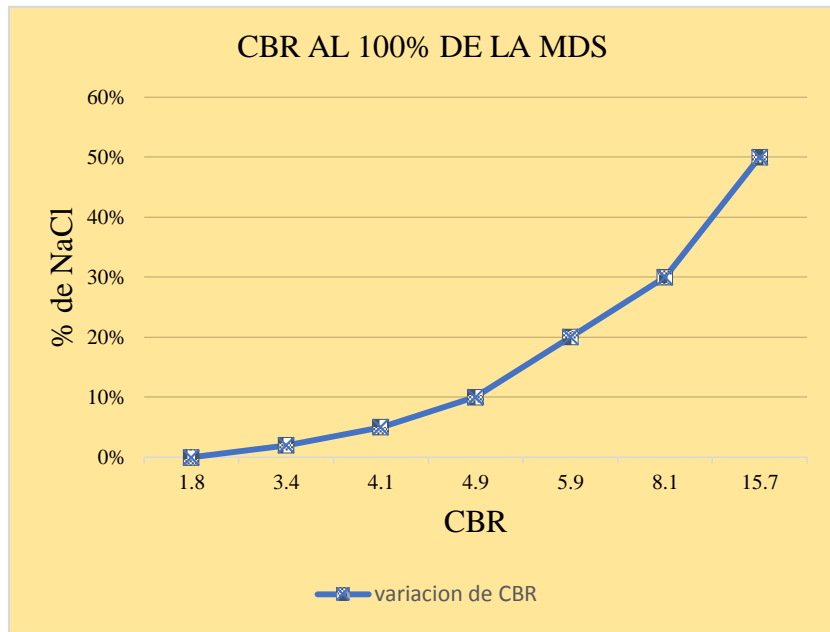


Figura N° 17: Variación del CBR al 100% de la MDS a 2.54 mm de penetración

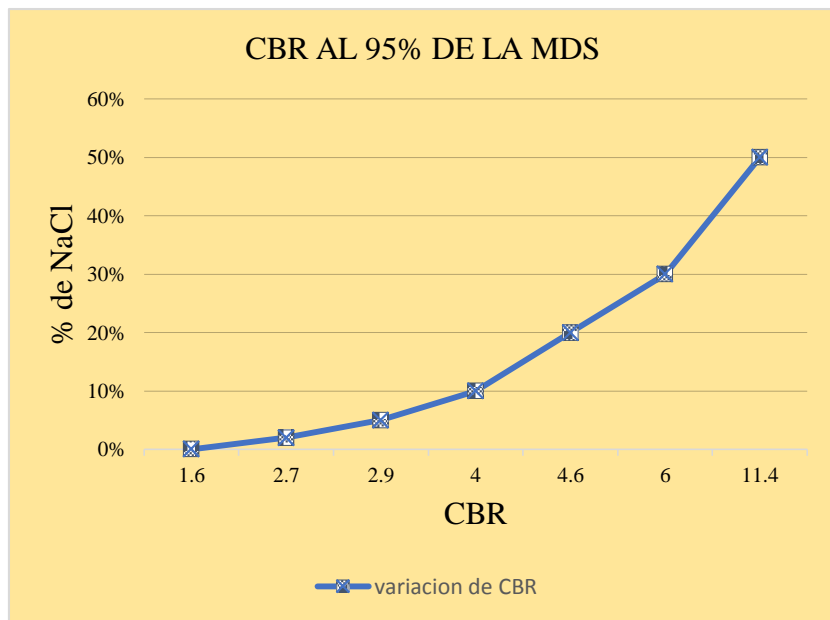


Figura N° 18: Variación del CBR al 95% de la MDS a 2.54 mm de penetración

Cuadro N° 26: CBR a 5.08mm de penetración

CBR (ASTM D-1883)		
% NaCl	CBR al 100% de la MDS (%)	CBR al 95% de la MDS (%)
0%	2.0	1.7
2%	3.7	3.0
5%	4.5	3.2
10%	5.1	4.2
20%	6.2	5.1
30%	8.8	6.6
50%	16.9	12.6

Fuente: Elaboración propia.

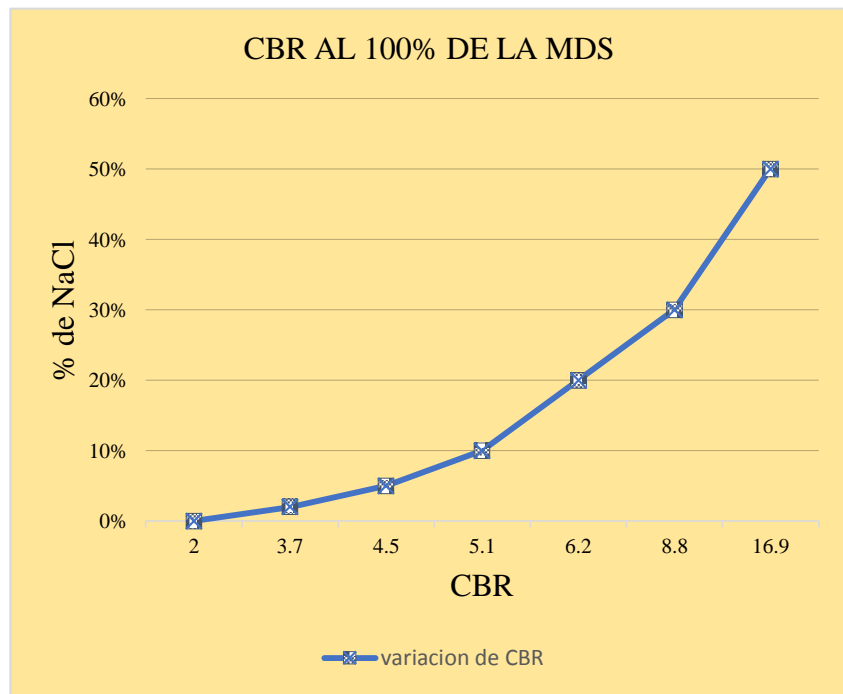


Figura N° 19: Variación del CBR al 100% de la MDS a 5.08 mm de penetración

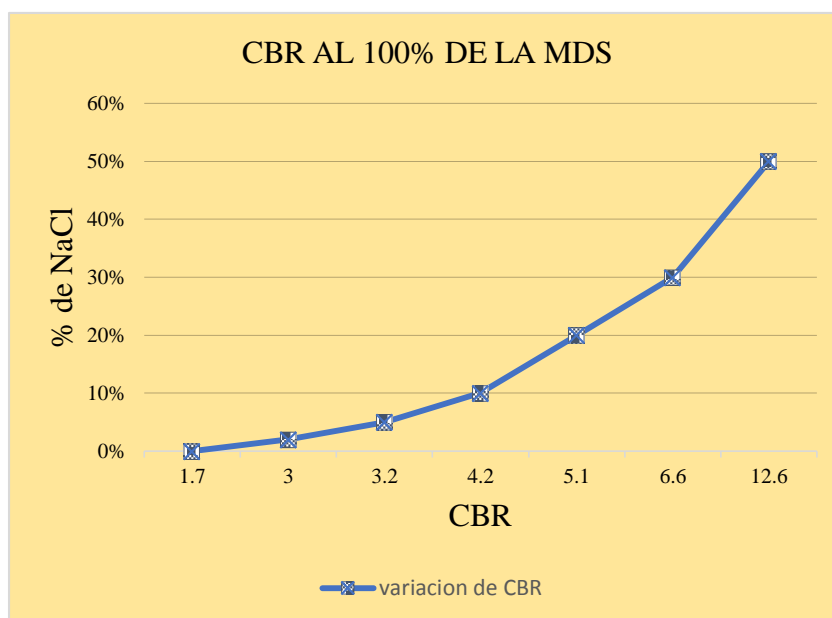


Figura N° 20: CBR al 95% de la MDS a 5.08 mm de penetración.

5.2.4. Contenido de Humedad

Se observa que el contenido de humedad disminuye a medida que se aumenta la cantidad de NaCl.

Cuadro N° 27: Variación del contenido de Humedad

%NaCl	Contenido de Humedad (%)
0%	21.4
2%	14.8
5%	12.9
10%	10.9
20%	8.9
30%	7.2
50%	6.8

Fuente: Elaboración propia

5.3. Análisis estadístico

5.3.1. Análisis de varianza

Cuadro N° 28: Matriz base para análisis estadístico

% de NaCl	CONCENTRACIONES	REPETICIONES	LL	LP	OCH	DS	CBR
0	1	1	64.2	25.8	18.6	1.7	1.5
	1	2	64.4	26.2	18.8	1.722	1.6
	1	3	65	26.8	19.1	1.731	1.7
2	2	1	50.2	25.1	14.6	1.765	2.5
	2	2	50.6	25.5	14.8	1.778	2.7
	2	3	56.1	25.9	15.1	1.789	2.9
5	3	1	46.3	27.6	12.7	1.792	2.7
	3	2	46.8	28.2	12.9	1.804	2.9
	3	3	47.2	28.6	13.2	1.813	3.2
10	4	1	40.8	20.8	10.7	1.825	3.6
	4	2	41.1	21.1	10.9	1.836	4
	4	3	41.6	21.7	11.3	1.841	4.4
20	5	1	36.2	25.6	8.5	1.865	4.2
	5	2	36.6	26	8.9	1.877	4.6
	5	3	37.1	26.7	9.2	1.882	5
30	6	1	36.4	26.1	6.8	1.902	5.6
	6	2	36.6	26.8	7.2	1.913	6
	6	3	37.2	27.1	7.6	1.925	6.4
50	7	1	29.1	19.6	6.4	1.902	11.1
	7	2	29.5	20.1	6.8	1.917	11.4
	7	3	30	20.6	7.1	1.923	11.8

Fuente:Elaboración propia

5.3.1.1. Límite Líquido

Cuadro N° 29: Tabla de AOV del bloque completo aleatorizado para LL

FUENTE	DF	SS	MS	F	P
Repetición	2	9.56	4.779		
Concentración	6	2467.59	411.265	342.2	0
Error	12	14.42	1.202		
Total	20	2491.57			

Fuente: Elaboración propia

Resultado 43.952 CV 2.49

Cuadro N° 30: Prueba de 1 grado de libertad de Tukey para no aditividad

FUENTE	DF	SS	MS	F	P
No aditivo	1	1.3261	1.32608	1.11	0.3139
Resto	11	13.0958	1.19053		

Fuente: Elaboración propia

Eficiencia relativa RCB 1.27

Cuadro N° 31: Medias de LL para concentración

CONCENTRACIÓN	MEDIA
1	64.533
2	52.300
3	46.767
4	41.167
5	36.633
6	36.733
7	29.533

Fuente: Elaboración propia

Observaciones por media 3
 Error estándar de una media 0.6329
 Error estándar (diferencia de 2 medias) 0.8951

5.3.1.2. Límite plástico

Cuadro N° 32: Tabla de AOV del bloque completo aleatorizado para LP

FUENTE	DF	SS	MS	F	P
Repetición	2	3.304	1.6519		
Concentración	6	161.872	26.9787	3365.66	0.0000
Error	12	0.096	0.0080		
Total	20	165.272			

Fuente: Elaboracion propia

Resultado 24.852 CV 0.36

Cuadro N° 33: Prueba de 1 grado de libertad de Tukey para no aditividad

FUENTE	DF	SS	MS	F	P
No aditivo	1	0.00109	0.00109	0.13	0.7295
Resto	11	0.09510	0.00865		

Fuente: Elaboracion propia

Eficiencia relativa RCB 21.13

Cuadro N° 34: Medias de LP para concentración

CONCENTRACIÓN	MEDIA
1	26.267
2	25.500
3	28.133
4	21.200
5	26.100
6	26.667
7	20.100

Fuente: Elaboracion propia

Observaciones por media 3
 Error estándar de una media 0517
 Error estándar (diferencia de 2 medias) .0731

5.3.1.3. Óptimo contenido de humedad

Cuadro N° 35: Tabla de AOV del bloque completo aleatorizado para OCH

FUENTE	DF	SS	MS	F	P
Repetición	2	1.323	0.6614		
Concentración	6	345.166	57.5276	12080.8	0.0000
Error	12	0.057	0.0048		
Total	20	346.546			

Fuente: Elaboracion propia

Resultado 24.852 CV 0.36

Cuadro N° 36: Prueba de 1 grado de libertad de Tukey para no aditividad

FUENTE	DF	SS	MS	F	P
No aditivo	1	0.00109	0.00109	0.13	0.7295
Resto	11	0.09510	0.00865		

Fuente: Elaboracion propia

Eficiencia relativa RCB 21.13

Cuadro N° 37: Medias de OCH para concentración

CONCENTRACIÓN	MEDIA
1	26.267
2	25.500
3	28.133
4	21.200
5	26.100
6	26.667
7	20.100

Fuente: Elaboracion propia

Observaciones por media 3
 Error estándar de una media 0517
 Error estándar (diferencia de 2 medias) 0.0731

5.3.2. Resultados de análisis de varianza

Cuadro N° 38: Cuadro resultados de análisis de varianza

VARIABLES	ANÁLISIS DE VARIANZA		PRUEBA DE TUKEY	
	F	Probabilidad (P)	Mayor	Menor
LL	342.20	0.0000	1	7
LP	3365.66	0.0000	3	7
OCH	12080.8	0.0000	1	7
DS	1995.26	0.0000	7	1
CBR	3275.09	0.0000	7	1

Fuente: Elaboración propia

VI. DISCUSIÓN

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis general planteada que establece que con la adición de cloruro de sodio a suelos arcillosos de Chachapoyas se logra estabilizar sus propiedades físicas, químicas y mecánicas para ser usados en vías terrestres.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Hinrichsen (2005) que de acuerdo con los ensayos de laboratorio se demuestra una notable disminución del índice de plasticidad con la adición del cloruro de sodio, siendo así que observamos que conforme se incrementa el contenido de cloruro de sodio, el suelo tiende a moverse hacia la izquierda de la carta de plasticidad (ver figura N° 3) para clasificarse de una arcilla de alta plasticidad (CH) a clasificarse en el grupo CL arcilla de baja plasticidad.

También se puede encontrar semejanza con lo expuesto por Roldán (2010) donde concluye que, en las características físicas de los suelos, la densidad seca máxima aumenta y la humedad óptima de compactación disminuyen con cada incremento en porcentaje de cloruro de sodio (NaCl) (ver figura N° 16). Las modificaciones en la densidad seca máxima y la humedad óptima se deben al incremento de los cristales de NaCl que se suman a los minerales de los suelos. También se debe a la lubricación que se logra con el cloruro de sodio, reduciendo la fricción intergranular que presentan los suelos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo CBR (California Bearing Ratio) se puede apreciar que el valor CBR aumenta a un 95% de la máxima densidad seca a 1'' esto afirma la hipótesis planteada que la adición de cloruro de sodio en suelos arcillosos en 2% 5% y 10% aumenta la Capacidad Portante (CBR), hasta en un 40%. En los resultados de CBR a 1'' se puede apreciar un incremento al aumentar la adición de cloruro de sodio desde 1.6% de la muestra patrón hasta 4% que es la dosificación de 10% de cloruro de sodio; con respecto resultados obtenido de CBR a 2'' igualmente esta se incrementó en desde un 1.7% para la muestra patrón hasta un 4.2% para la dosificación de 10% de cloruro de sodio.

Comparando con investigaciones anteriores como la de Jairol Roldan de Paz en su tesis titulada "Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases"

menciona que para el material arena limosa el porcentaje de CBR disminuye, mientras que para el material arena caliza el porcentaje de CBR aumenta para la probeta compactada a 65 golpes;

En relación a los resultados obtenidos en esta investigación se puede mencionar que para el caso del suelo utilizado una arcilla, el comportamiento del CBR es distinto al de una arena puesto que este tiende a incrementar al aumentar la dosificación de cloruro de sodio.

Otras investigaciones como la de Alberto Gutiérrez, 2010, en su tesis titulada “Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas de cloruro de magnesio (bischofita) frente a cloruro de calcio”, menciona que no se pudo comprobar el aumento significativo del CBR en el ensayo de laboratorio puesto que la inmersión de 48 horas no dejaba actuar al Cloruro de Magnesio.

En este caso el cloruro de sodio si se pudo evaluar el comportamiento de CBR el cual presento un incremento a aumentar la dosificación de cloruro de sodio. Por ende el comportamiento del Cloruro de sodio es distinto que la del cloruro de magnesio pese a que son sales.

Se observó que el suelo estabilizado con Cloruro de Sodio mientras mayor sea el porcentaje que se utilice mejora su trabajabilidad y su compactación es más rápida al momento de realizar las probetas para el ensayo de compresión simple esta descripción indica que ha medida que se aumenta la concentración de NaCl se obtiene un mejor resultado como también lo expone en su trabajo experimental Guamán, (2016).

La forma adecuada de adicionar cloruro de sodio a los suelos es emplearla en grano, ya que de esta manera se evita problemas de corrosión en la maquinaria empleada. Con el método de disolución en agua. La sal no se disolvería adecuadamente, cuando se tienen humedades óptimas bajas se crea una mala homogenización. (Roldan,2010)

Dado la variabilidad de los compuestos de los suelos arcillosos de Chachapoyas, los resultados obtenidos son muy divergentes y la aplicación estadística no precisa el porcentaje referente de NaCl a la estabilización con los porcentajes elegidos en esta investigación.

Del cuadro N° 28 siendo la matriz base para el análisis estadístico procesando la información se obtiene los resultados que se aprecian en el cuadro N°37 donde se puede observar que para la propiedad física del límite líquido el suelo es mas estable en una concentración de 0% de NaCl en cambio para una concentración de 50% de NaCl el suelo se torna mas inestable, en la propiedad física del límite plástico se observa que para una concentración del 5% de NaCl dicha característica del suelo mejora considerablemente en cambio para una concentración del 50% de NaCl el suelo actúa desfavorablemente, para el óptimo contenido de humedad se observa que para una concentración de 0% de NaCl el suelo se torna mas estable y lo contrario sucede con un 50% de NaCl, para la densidad seca máxima es todo lo contrario que para las demás propiedades en este caso al agregar un 50% de NaCl el suelo se comporta de manera estable en cambio para el suelo con 0% de NaCl se torna totalmente inestable y finalmente para la propiedad mecánica que viene ha ser el CBR su comportamiento es igual que para la densidad seca que al adicionar un 50% de NaCl el suelo se torna estable a diferencia de un suelo con 0% de NaCl.

Efectuada la estadística se demuestra que la adición de NaCl al 5% mejora la resistencia del suelo, expresada en el valor del CBR

VII. CONCLUSIONES

1. Para este tipo de suelo arcilloso de alta plasticidad la concentración de cloruro de sodio óptima es 5% para estabilizarla.
2. Con la adición de cloruro de sodio de 2%, 5%, 10%, 20%, 30% y 50% el comportamiento del límite líquido disminuye, teniendo su máxima disminución la muestra con cloruro de sodio al 50% con un 29.5 (ver figura N° 5). La muestra de suelo patrón tiene un límite líquido de 64.4
3. El límite plástico (propiedad física) aumenta de acuerdo con la adición del cloruro de sodio logrando su máximo límite plástico de 28.2 con cloruro de sodio al 5%.
4. El índice de plasticidad disminuye, logrando la máxima disminución con la adición de 50% de cloruro de sodio, con un valor de 9.4. La muestra de suelo patrón presenta un índice plástico de 38.2, esto nos representa una disminución de un 75.39% del índice plástico.
5. La densidad seca máxima (propiedad física) con la adición de los diferentes porcentajes de cloruro de sodio aumenta, siendo el máximo de 1.917 en la muestra con cloruro de sodio al 50%. El contenido de humedad disminuye siendo el mínimo de 6.8% en la muestra con cloruro de sodio al 50%. Las modificaciones en la densidad seca máxima y la humedad óptima se deben al incremento de los cristales de NaCl que se suman a los minerales de los suelos. También se debe a la lubricación que se logra con el cloruro de sodio, reduciendo la fricción intergranular que presentan los suelos.
6. Un suelo objeto de estudio presenta cierta estabilidad en un 5% de NaCl mejorando sustancialmente sus propiedades que son resistencia, cohesión, durabilidad e impermeabilidad.

VIII. RECOMENDACIONES

- ✓ Al agregar los porcentajes de cloruro de sodio al suelo, se recomienda hacerlo en grano cuando el porcentaje sea muy alto, sin embargo, si el porcentaje de sal es inferior al 2% respecto al peso del suelo, es preferible disolverlo en agua.
- ✓ La forma adecuada de adicionar cloruro de sodio a los suelos es emplearla en grano, ya que de esta manera se evita problemas de corrosión en la maquinaria empleada.
- ✓ Realizar ensayos para tener un mejor resultado de la estabilización, ya que existen diferentes combinaciones de suelo y cada una reacciona de diferente manera con porcentajes de sal similares.
- ✓ El suelo con NaCl después de perder la humedad incrementa su resistencia a la compresión, por lo que sería recomendable realizar pruebas de resistencia en campo a los suelos a estabilizar.
- ✓ La estabilización con cloruro de sodio en suelos utilizados para cimentar no es recomendable, debido a que, los agentes de corrosión presentes en el NaCl pueden afectar la vulnerabilidad del concreto armado. Si se emplea este tipo de estabilización en suelos para cimentaciones se debe emplear un cemento tipo V que es resistente a los sulfatos.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anticona, L. (2012). *Innovación metodológica para evaluar superficies estabilizada con cloruro de magnesio aplicación vía de acceso a Caral (Km 05+000-Km 15 +000)*. Tesis para optar el grado de maestro en Ciencias con Mención en Ingeniería de Transportes. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- De la Cruz, L. y Salcedo K. (2016). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palian-Huancayo-Junín*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Peruana los Andes. Huancayo, Perú.
- Guamán, I. (2016). *Estudio del comportamiento de un suelo arcillosos estabilizado por dos métodos químicos (sal y cloruro de sodio)*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
- Gutiérrez, C. (2010). *Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio*. tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Hernández, A. (2016). *Análisis comparativo de un material estabilizado con cal y cemento*. Tesis para obtener el título de ingeniero civil. Instituto Politécnico Nacional. México D.F, México.
- Hinrichsen, N. (2005). *Estudio de comportamiento de suelo estabilizado con Sal: frente a la acción del agua, para distintas Mezclas*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Jara, A. (2014). *Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.

- Núñez, D. (2011). *Elección y dosificación del conglomerante en estabilización de suelos*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Instituto Tecnológico de Sonora, Sonora, México.
- Roldán, J. (2010). *Estabilización de Suelos con Cloruro de Sodio (NaCl) para bases y sub bases*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala.
- Sotolongo, H. (2012). *Efecto del aditivo Rocamix sobre la capacidad resistente de un suelo arcilloso empleado como material de subrasante*. Trabajo de diploma de ingeniería civil. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría, La Habana, Cuba.
- Valle, D. (2010). *Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos*. Tesis de maestría en ingeniería. Universidad Politécnica de Madrid. España.

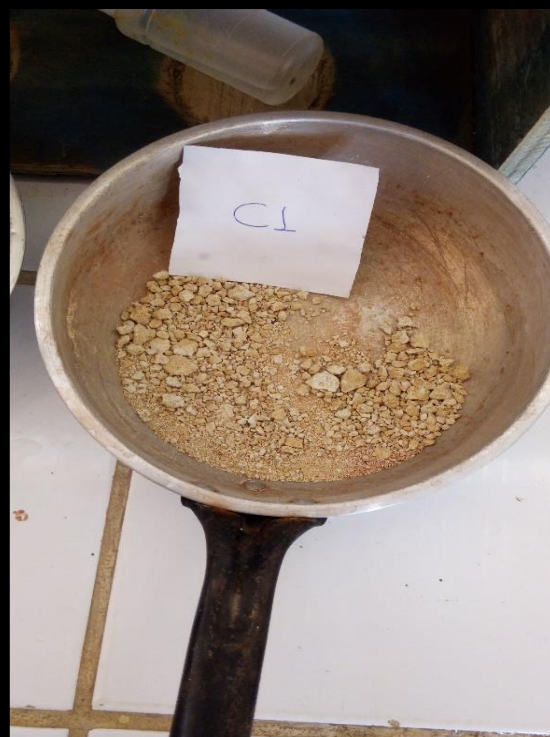
X. ANEXOS

PANEL FOTOGRÁFICO



DESCRIPCIÓN	FOTO N°	DESCRIPCIÓN	FOTO N°
Muestra de suelo triturada	01	Cloruro de sodio utilizado	02

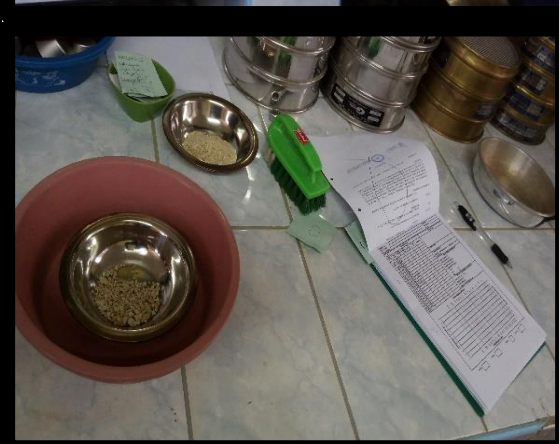
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA



DESCRIPCIÓN	FOTO N°	DESCRIPCIÓN	FOTO N°
Lavado de muestra que paso el tamiz N° 04	03	Una vez lavada se etiqueta para ponerlo al horno	04



DESCRIPCIÓN	FOTO N°
Pasada las 24 horas procedemos a sacar nuestras muestras de suelo lavada y empezamos el proceso de tamizado.	05



DESCRIPCIÓN	FOTO N°
Después de tamizado pesamos, anotamos las muestras retenidos en cada tamiz y procedemos a desarrollar nuestra curva granulométrica.	06

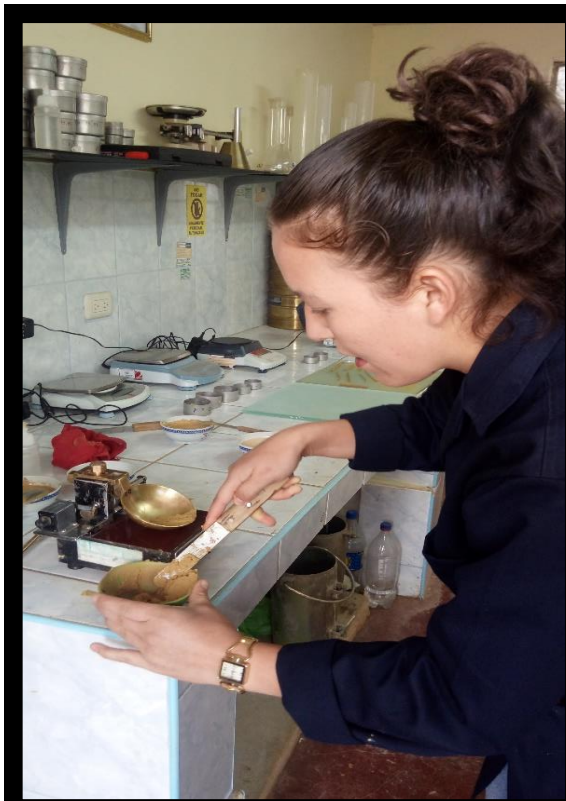
ENSAYO LÍMITES DE ATTERBERG PARA SUELO PATRÓN Y CON LAS DIFERENTES CONCENTRACIONES DE NaCl.



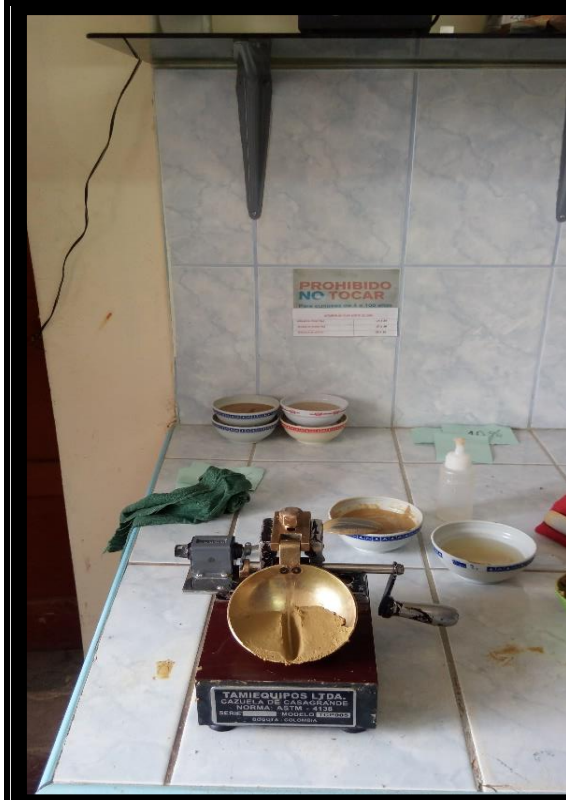
DESCRIPCIÓN	FOTO N°	DESCRIPCIÓN	FOTO N°
Muestra de suelo triturada que paso la malla N° 40	07	Cloruro de sodio	08



DESCRIPCIÓN	FOTO N°
Saturamos con agua 24 horas a las muestras mezcladas con las diferentes concentraciones de NaCl	09



DESCRIPCIÓN	FOTO N°	DESCRIPCIÓN	FOTO N°
Pasada las 24 horas mezclamos las muestras y lo colocamos en la copa de casa grande, se compacta hasta que tome un aspecto plano-liso.	10	Cuando las muestras toman el aspecto deseado en la copa de casagrande se hace una ranura con el ranurador para luego darle los respectivos golpes.	11



DESCRIPCIÓN	FOTO N°	DESCRIPCIÓN	FOTO N°
Observamos como queda la ranura.	12	Se realizan los golpes en la copa de casa grande	13



DESCRIPCIÓN	FOTO N°
Por último se toma una pequeña muestra de cada ensayo, se pesa cada uno en su tara respectiva para después meterlo al horno,	14



DESCRIPCIÓN	FOTO N°
Para el ensayo de límite plástico se toma una porción de muestra preparada para el ensayo de límite líquido, y a continuación se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros de 3mm aprox. Se pesa y se coloca al horno.	15

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO PARA SUELO PATRÓN Y CON LAS DIFERENTES CONCENTRACIONES DE NaCl.



DESCRIPCIÓN	FOTO N°
Pesamos las muestras de suelo y la cantidad de cloruro de sodio en proporción de peso respecto al suelo, procedemos de la misma manera para todas las cantidades a adicionar.	16



DESCRIPCIÓN	FOTO N°
Después de pesadas la muestras tanto de suelo y cloruro de sodio procedemos a mezclar añadiendo progresivamente agua hasta que se distribuya uniformemente para luego color en los moldes.	17

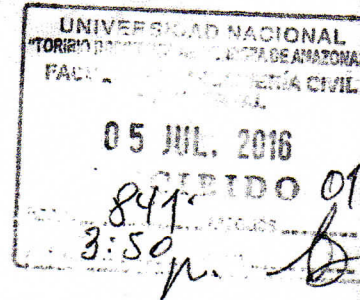


DESCRIPCIÓN	FOTO N°
La muestra preparada se coloca en el cilindro en capas, compactándose cada capa. Se coloca el pistón de compactar con su guía, dentro del molde; se eleva el pistón hasta que alcance la parte superior y se suelta permitiendo que tenga una caída libre de 50cms.	18



DESCRIPCIÓN	FOTO N°
Al terminar la compactación de todas las capas se quita la extensión y con la regla metálica se enraza la muestra al nivel superior del cilindro y luego pesamos el molde mas la muestra compactada.	19

SOLICITUD Nº 01-2016 L.F.R/FICYA



Señor : Lic. José Luis Quispe Osorio
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil Y ambiental

SOLICITO : Carta de presentación y/o carta de recomendación.

Con el respeto que se merece me dirijo a usted con la finalidad de solicitarle una carta de presentación y/o recomendación ante el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para poder utilizar las instalaciones del laboratorio de Mecánica de Suelos para desarrollar los siguientes ensayos:

- Cuarteo Manual
- Contenido de Humedad
- Análisis Granulométrico por tamizado (Suelos Finos)
- Limite Liquido
- Limite Plástico
- Clasificación de suelos para uso de vías de transporte (AASHTO)
- Peso específico de Suelos
- Proctor Modificado
- Proctor Estándar
- CBR
- Ensayo de corte directo

La elaboración de dichos ensayos de mecánica de suelos son de suma importancia para el desarrollo de mi tesis que lleva por título: "Estabilización de suelos arcillosos mediante adición de Cloruro de Sodio (NaCl) para uso de vías terrestres. Estudio de Casos: Suelos de Chachapoyas, 2016".

Agradeciéndole de antemano quedo de usted.

ATENTAMENTE

Libany Fernández Riva
Bachiller en Ingeniería Civil
DNI: 72153102

PROVEÍDO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Para: *Secretaría*

Para: *proyectos de transporte*

Fecha: *06-07-16*



"Año de la consolidación del mar de Grau"

SISGEDO	
DOC	899455
EXP	693477

Chachapoyas, 06 de julio de 2016

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - AMAZONAS	
OFICINA DE TRAMITE DOCUMENTARIO	
08 JUL. 2016	
Nº Doc.	Nº Exp.
Hora: 12:10 Pm	Firma: [Signature]

RECEPCIÓN	
FECHA:	08 JUL. 2016
HORA:	12:14 pm
OFICIO N° 0200-2015-UNTRM-VRAC/FICIAM	

Señor:
Abog. RONALD ENRIQUE SALAZAR CHUMBE
Director Regional de Transportes y Comunicaciones de Amazonas

ASUNTO : SOLICITO AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR ENSAYOS EN LABORATORIO DE SUELOS

REF : SOLICITUD N° 01-2016-LFR/FICYA

Por la presente me dirijo a usted para expresarle un cordial saludo y en atención al documento de la referencia, manifestarle que nuestros estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental; viene desarrollando su proyecto de tesis, trabajo de investigación que requiere de un Laboratorio de Suelos para realizar los ensayos correspondientes. Por tanto; considerando que la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de Amazonas, cuenta con dicho Laboratorio equipado y especializado; es que recorro a su Despacho para solicitarle que tenga a bien autorizar el ingreso de la estudiante **LIBANY FERNÁNDEZ RIVA**, para que efectúe los ensayos que se detalla en el documento adjunto.

Sin otro particular, quedo de usted;

Atentamente,

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES AMAZONAS	
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA	
RECEPCIÓN	
FECHA:	11 JUL 2016
HORA:	08:56 am
FOLIOS:	02
FIRMA:	[Signature]



UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

Lic. JOSÉ LUIS QUISPE OSORIO
Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental
Decano (e)

Cc
Archivo
Lic. JLQO/Decano (e) FICIAM
Jcm/Sec

PROVEEDOR N° - DIRECTOR REGIONAL	
Pase a:	Caminos
Para:	Conocimiento, tramite e informe
Chachapoyas 08 JUL. 2016	

SOLICITUD Nº 01-2016 L.F.R./FICYA

UNIVERSIDAD NACIONAL
 TORIBIO RIVERA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 05 JUL. 2016
 8:47
 3:50 p.m.

Señor : Lic. José Luis Quispe Osorio
 Decano de la Facultad de Ingeniería Civil Y ambiental

SOLICITO : Carta de presentación y/o carta de recomendación.

Con el respeto que se merece me dirijo a usted con la finalidad de solicitarle una carta de presentación y/o recomendación ante el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para poder utilizar las instalaciones del laboratorio de Mecánica de Suelos para desarrollar los siguientes ensayos:

- Cuarteo Manual
- Contenido de Humedad
- Análisis Granulométrico por tamizado (Suelos Finos)
- Limite Liquido
- Limite Plástico
- Clasificación de suelos para uso de vías de transporte (AASHTO)
- Peso específico de Suelos
- Proctor Modificado
- Proctor Estándar
- CBR
- Ensayo de corte directo

La elaboración de dichos ensayos de mecánica de suelos son de suma importancia para el desarrollo de mi tesis que lleva por título: "Estabilización de suelos arcillosos mediante adición de Cloruro de Sodio (NaCl) para uso de vías terrestres. Estudio de Casos: Suelos de Chachapoyas, 2016".

Agradeciéndole de antemano quedo de usted.

ATENTAMENTE

PROVIDO
 FICIA CIVIL
 SECRETARIA
 PROYECTOS DOCUMENTOS
 PARA TRANSPORTES
 Fecha: 06-07-16

Libany
 Libany Fernández Riva
 Bachiller en Ingeniería Civil
 DNI: 72153102



"AÑO DEL BUEN SERVICIO AL CIUDADANO"

INFORME N° 0033 - 2017 - GOBIERNO REGIONAL AMAZONAS/DRTC-LAB. SUELOS-SFRT.-

AL : Ing. GEINER ALVARADO LOPEZ
Director de Caminos

ASUNTO : Alcanza Resultados de Ensayos realizados en Laboratorio De Suelos - DRTC, para el desarrollo de Proyecto de Tesis, Como Estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniera Civil.

REF. : Oficio N° 0200 – 2015 – UNTRM-VRAC/FICIAM
Fecha: 08/07/16

FECHA : Chachapoyas, 31 de Marzo 2,016

Por medio del presente me dirijo a su despacho para hacerle llegar mi cordial saludo, y a la vez alcanzarle resultados de Ensayos de Suelos, en calidad de investigación para poder culminar su Proyecto de Tesis "Estabilización de Suelos Arcillosos mediante Adición de Cloruro de Sodio (NaCl) " en Proporciones del: 2 %, 5 %, 10 %, 20 %, y 30% para uso en vías Terrestre; Para lo cual, se Trabajó Siete (07) Calicatas; Laboratorio de Suelos, de esta Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones-Amazonas, apoyo en los trabajos complementarios para el desarrollo de la Tesis de la Estudiante Libany Fernández Riva, detallando a continuación los Ensayos procesados, en cumplimiento al Documento de Referencia:

- Contenido de Humedad
- Granulometría
- Limite Líquido
- Limite Plástico
- Clasificación Sucs
- Clasificación AASTHO

Adjuntamos Originales y Copias de los Formatos con resultados del Ensayo, para su respectiva revisión y visación

Es todo cuanto informo a Ud. para su conocimiento y fines que estime por conveniente.

Atentamente

C.C.
Archivo.

Nuevo Reg. Documento: 01063635
Nuevo Reg. Expediente: 00816835

GOBIERNO REGIONAL AMAZONAS
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES

SEGUNDO FABIAN RODRIGUEZ TAMAY
TECNICO EN INGENIERIA I



GOBIERNO REGIONAL AMAZONAS

Gerencia Regional de Infraestructura
Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones.

"AÑO DEL BUEN SERVICIO AL CIUDADANO"

Chachapoyas, 03 de Abril del 2017

CARTA N° 061- 2017-G.R. AMAZONAS/GRI-DRTC-DCIA

SEÑORITA:

LIBANY FERNANDEZ RIVA
Estudiante de la Facultad de Ingenieria Civil y Ambiental

ASUNTO : *Alcanza Resultados de Ensayos realizados en Laboratorio de Suelos*

REF. : *INFORME N° 0033-2017-GOBIERNO REGIONAL AMAZONAS/DRTC-LAB SUELOS-SFRT*

Tengo el agrado de dirigirme a Usted, para saludarlo cordialmente y a la vez para hacerle llegar lo siguiente:

Que, de acuerdo al documento indicado en la referencia, adjunto al presente los resultados de Ensayos de Suelos, en calidad de investigación para poder culminar el proyecto de Tesis: "Estabilización de Suelos Arcillosos mediante Adición de Cloruro de Sodio (NaCl)", de acuerdo a lo solicitado por su persona.

Sin otro particular, sea propicia la oportunidad para expresarle las muestras de nuestra consideración y estima.

Atentamente,

C.c.
Archivo



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
SERVIDORÍA

Ing. Geiner Alvarado Lopez
DIRECTOR

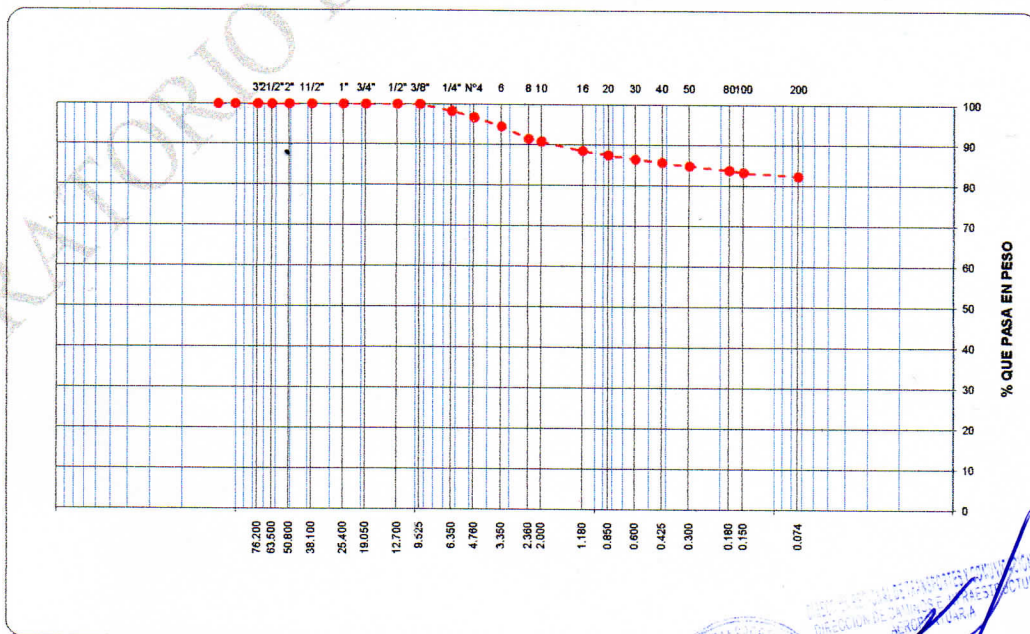
DOC:	01063748
EXP:	00816928



RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)							
Obra : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRE. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016					Codigo Ensayo N° : 0.001 - 2016		
SOLICINTE: BACH. LIBANY FERNANDEZ RIVA							
Procd: Sector Pucacruz		Calicata: N° 01 / M 01			Ing. Responsable : G. ALVARADO L.		
Material : NATURAL		Profundidad : 0.00 - 1.50 m		Fecha : 19/09/2016	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.		
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion	Descripcion
5"	127.000	0.0			100.0		1. Peso de Material
4"	101.600	0.0			100.0		Peso Inicial Total (kg) <u>300.0</u>
3"	76.200	0.0			100.0		Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <u>300.0</u>
2 1/2"	63.500	0.0			100.0		
2"	50.800	0.0			100.0		2. Caracteristicas
1 1/2"	38.100	0.0			100.0		Tamaño Maximo
1"	25.400	0.0			100.0		Tamaño Maximo Nominal
3/4"	19.050	0.0			100.0		Grava (%) <u>3.3</u>
1/2"	12.700	0.0			100.0		Arena (%) <u>14.3</u>
3/8"	9.525	0.0			100.0		Finos (%) <u>82.4</u>
1/4"	6.350	5.0	1.7	1.7	98.3		Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.760	4.8	1.6	3.3	96.7		
N° 6	3.350	6.7	2.2	5.4	94.6		
N° 8	2.360	9.3	3.0	8.4	91.6		3. Clasificacion
N° 10	2.000	2.3	0.8	9.2	90.8		Limite Liquido (%) <u>64.4</u>
N° 16	1.180	6.7	2.2	11.3	88.7		Limite Plastico (%) <u>26.2</u>
N° 20	0.850	3.3	1.1	12.4	87.6		Indice de Plasticidad (%) <u>38.2</u>
N° 30	0.600	3.1	1.0	13.4	86.6		Clasificacion SUCS <u>CH</u>
N° 40	0.425	2.7	0.9	14.2	85.8		Clasificacion AASHTO <u>A-7-6 (20)</u>
N° 50	0.300	2.5	0.8	15.0	85.0		
N° 80	0.180	3.4	1.1	16.1	83.9		
N° 100	0.150	1.5	0.5	16.6	83.4		5. Observaciones (Fuente de Normalizacion)
N° 200	0.074	3.0	1.0	17.6	82.4		Manual de carreteras "Especificaciones Tecnicas Generales para Construccion" (EG-2013)
Pasante		255.6	82.4	100.0			



Observaciones: Muestra proporcionada por el Solicitante.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS

[Signature]

DIRECCION DE CAMINOS
 Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

Obra : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRE. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016		Codigo Ensayo N° : 0.001 - 2016
SOLICINTE: BACH. LIBANY FERNANDEZ RIVA		
Procd: Sector Pucacruz	Cantera: N° 01 / M 01	Ing. Responsable : G. ALVARADO L.
Material : NATURAL	Profundidad : 0.00 -1.50 m	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.
Fecha : 19/09/2016		

1. Contenido de Humedad Muestra Integral de la muestra N° 01 :

Descripcion	1	2
Peso de tara (gr)	249.0	671.0
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	1843.0	2156.0
Peso de la tara + muestra seca (gr)	1558.0	1899.0
Peso del agua contenida (gr)	285.0	257.0
Peso de la muestra seca (gr)	1309.0	1228.0
Contenido de Humedad (%)	21.8	20.9
Contenido de Humedad Promedio (%)	21.4	

Observaciones: Muestra proporcionada por el Solicitante

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS Y INFRAESTRUCTURA
 REGISTRO DE ACTUARIOS

Ing. Geimer Alvarado Lopez
 DIRECTOR



RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

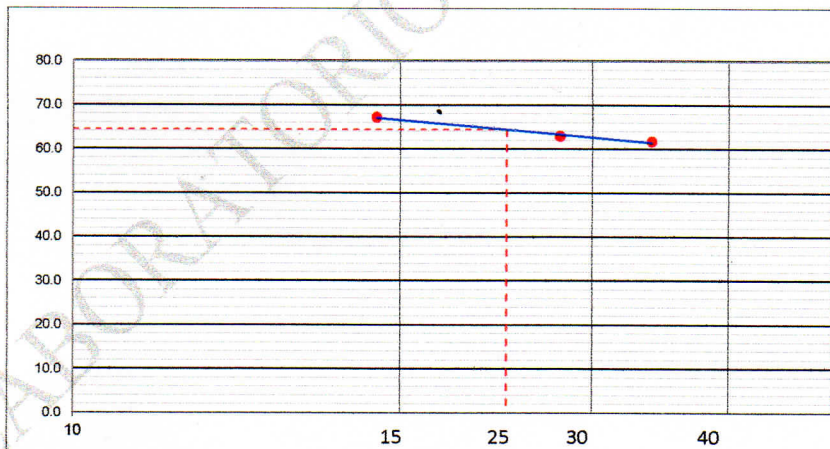
Obra : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRE. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016		Codigo Ensayo N° : 0.001 - 2016
SOLICINTE: BACH. LIBANY FERNANDEZ RIVA		
Procd: Sector Pucacruz	Calicata: N° 01 / M 01	Ing. Responsable : G. ALVARADO L.
Material : NATURAL	Profundidad : 0.00 - 1.50 m	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.
		Fecha : 19/09/2016

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		151	181	79	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	33.12	32.15	32.99	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	28.89	28.45	29.01	
Peso de Tarro	gr.	22.60	22.57	22.57	
Peso de Agua	gr.	4.23	3.70	3.98	
Peso del Suelo Seco	gr.	6.29	5.88	6.44	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	67.25	62.93	61.80	64.4
Numero de Golpes		19	28	34	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		48	123	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	15.04	15.06	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	14.33	14.33	
Peso de Tarro	gr.	11.58	11.59	
Peso de Agua	gr.	0.71	0.73	
Peso de Suelo seco	gr.	2.75	2.74	Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	25.82	26.64	26.2



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	64.4
Limite Plastico	26.2
Indice de Plasticidad	38.2
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

Observaciones: Muestra proporcionada por el Solicitante.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



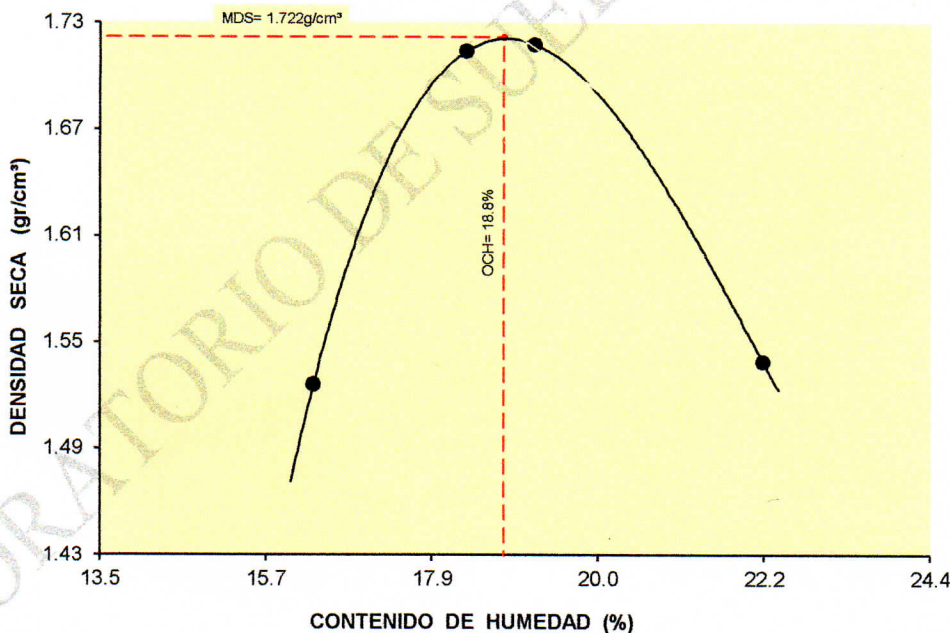
RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

**ASTM D1557 - NTP ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO
 339.141 USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m³)**

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
 SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA
 PROCEDENCIA : Sector Pucacruz. REGISTRO : Lab.s. 0.001-2016
 CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00 FECHA : septiembre-2016

01 - Peso Suelo Humedo + Molde, g	7025.5	7564.6	7605.9	7250.8
02 - Peso del Molde, g	3248.0	3248.0	3248.0	3248.0
03 - Peso Suelo Humedo, g	3777.5	4316.6	4357.9	4002.8
04 - Volumen del Molde, cm ³	2128.0	2128.0	2128.0	2128.0
05 - Densidad Suelo Humedo, g/cm ³	1.775	2.028	2.048	1.881
06 - Tarro N°	5	102	7	18
07 - Peso suelo humedo + tarro, g	215.4	225.3	230.4	225.9
08 - Peso suelo seco + tarro, g	190.6	196.5	199.5	191.9
09 - Peso del agua, g	24.8	28.8	30.9	34.0
10 - Peso del tarro, g	38.8	38.9	38.8	38.8
11 - Peso suelo seco, g	151.8	157.7	160.7	153.1
12 - Contenido de Humedad, %	16.34	18.27	19.23	22.21
13 - Promedio de Humedad, %	16.3	18.3	19.2	22.2
14 - Densidad del Suelo Seco, g/cm ³	1.526	1.714	1.718	1.539
15 - Cantidad de agua añadida, cm ³	350	400	450	500



RESULTADOS DE ENSAYO	
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.722 g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.8%

OBSERVACIONES : Muestra Proporcionada e Identificada por el Solicitante.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAFAYURI CHOTA
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
DIRECCIÓN DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA PORTUARIA
 Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

ASTM D1883 - NTP ENSAYO DE CBR (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO 339.145

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
 SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA
 PROCEDENCIA : Sector Pucacruz. REGISTRO : Lab.s. 0.001-2016
 CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00 FECHA : septiembre-2016

MOLDE N°	12		7		10	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	57		25		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	9330.0	10231.0	9095.0	9833.0	8695.0	9467.0
PESO DEL MOLDE, g	4983.0	4983.0	4943.0	4943.0	4983.0	4983.0
PESO DEL SUELO HÚMEDO, g	4347.0	5248.0	4152.0	4890.0	3712.0	4484.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2126.0	2180.6	2121.0	2185.1	2126.0	2212.2
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.045	2.407	1.958	2.238	1.746	2.027
DENSIDAD SECA	1.720	1.677	1.644	1.595	1.468	1.412
TARA N°	53		44		117	
TARA + SUELO HÚMEDO	223.5		231.7		231.5	
TARA + SUELO SECO	194.1		200.8		200.9	
PESO DEL AGUA	29.4		30.9		30.6	
PESO DE LA TARA	38.8		38.8		38.8	
PESO DEL SUELO SECO	155.3		162.0		162.1	
% DE HUMEDAD	18.93		19.08		18.88	
% PROMEDIO DE HUMEDAD	18.9	43.50	19.1	40.30	18.9	43.6

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
09/09/2016	08:50 a.m.	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
10/09/2016	08:50 a.m.	1	0.158	4.01	2.25	0.205	5.21	2.93	0.265	6.73	3.78
11/09/2016	08:50 a.m.	2	0.162	4.11	2.31	0.208	5.28	2.96	0.278	7.06	3.97
12/09/2016	08:50 a.m.	3	0.175	4.45	2.50	0.210	5.33	2.99	0.282	7.16	4.02
13/09/2016	08:50 a.m.	4	0.180	4.57	2.57	0.212	5.38	3.02	0.284	7.21	4.05

ABSORCIÓN

MOLDE N°	12	7	10
Peso suelo húmedo. + plato + molde, g	13386.0	13155.0	12632.0
Peso del plato + molde, g	8138.0	8265.0	8148.0
Peso suelo húmedo embebido, g	5248.0	4890.0	4484.0
Peso suelo húm. sin embeber, g	4347.0	4152.0	3712.0
Peso del agua absorbida, g	901.0	738.0	772.0
Peso del suelo seco, g	3656.0	3486.1	3122.0
Absorción de agua, %	24.64	21.17	24.73

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE 12			MOLDE 7			MOLDE 10		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
0.635	0.025		10.3	10.3	0.50	8.9	8.9	0.44	4.2	4.2	0.21
1.270	0.050		16.8	16.8	0.82	12.8	12.8	0.63	7.8	7.8	0.38
1.905	0.075		22.7	22.7	1.11	18.9	18.9	0.93	12.8	12.8	0.63
2.540	0.100	70.3	26.0	26.0	1.27	22.8	22.8	1.12	18.7	18.7	0.92
3.810	0.150		36.9	36.9	1.81	27.5	27.5	1.35	22.8	22.8	1.12
5.080	0.200	105.5	42.5	42.5	2.08	38.4	38.4	1.88	29.9	29.9	1.46
6.350	0.250		50.3	50.3	2.46	44.2	44.2	2.16	32.7	32.7	1.60
7.620	0.300		60.2	60.2	2.95	48.9	48.9	2.39	34.8	34.8	1.70
10.160	0.400		65.8	65.8	3.22	50.2	50.2	2.46	38.7	38.7	1.89
12.700	0.500		68.7	68.7	3.36	52.6	52.6	2.57	42.5	42.5	2.08

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRENSA DIGITAL, MUESTRA PROPORCIONADA E IDENTIFICADA POR EL SOLICITANTE.

ÁREA DEL PISTÓN DE PENETRACIÓN: 20.428cm²

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS



Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



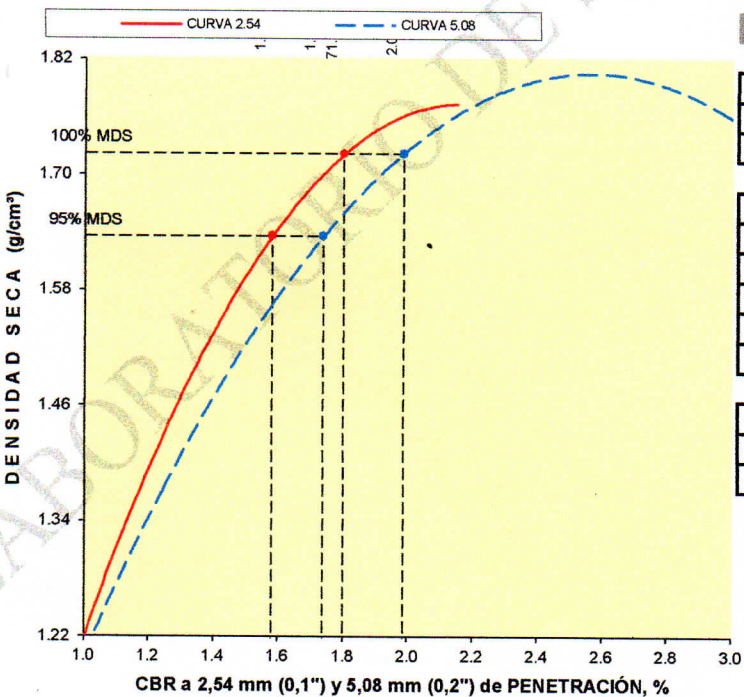
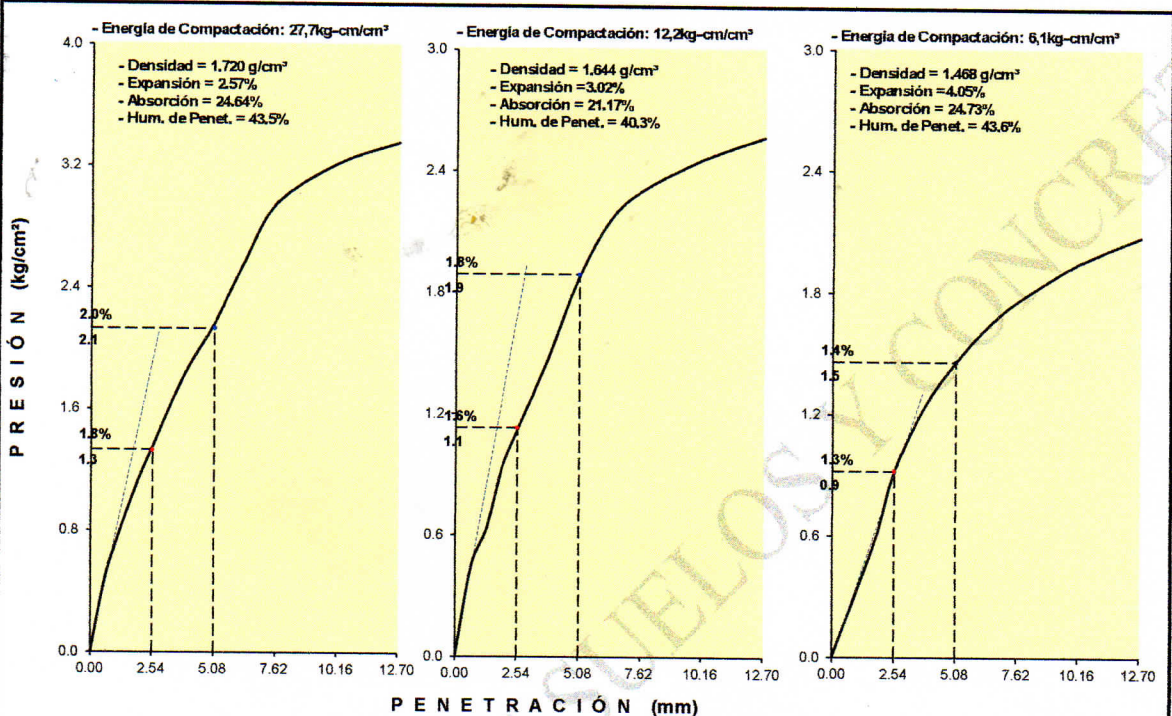
RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

ASTM D1883 - NTP ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
 SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA
 PROCEDENCIA : Sector Pucacruz.
 CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00

REGISTRO : Lab.s. 0.001-2016
 FECHA : septiembre-2016



RESULTADOS DE ENSAYOS	
Proctor Modificado (ASTM D-1557)	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	1.722
- Óptimo Cont. de Humedad, %	18.8
CBR (ASTM D-1883)	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	1.8
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	1.6
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	2.0
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	1.7
Caracterización del Suelo	
- Clasificación SUCS	CH
- Clasificación AASHTO	A-1-b(0)
- Gravedad Específica	--

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS
 Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



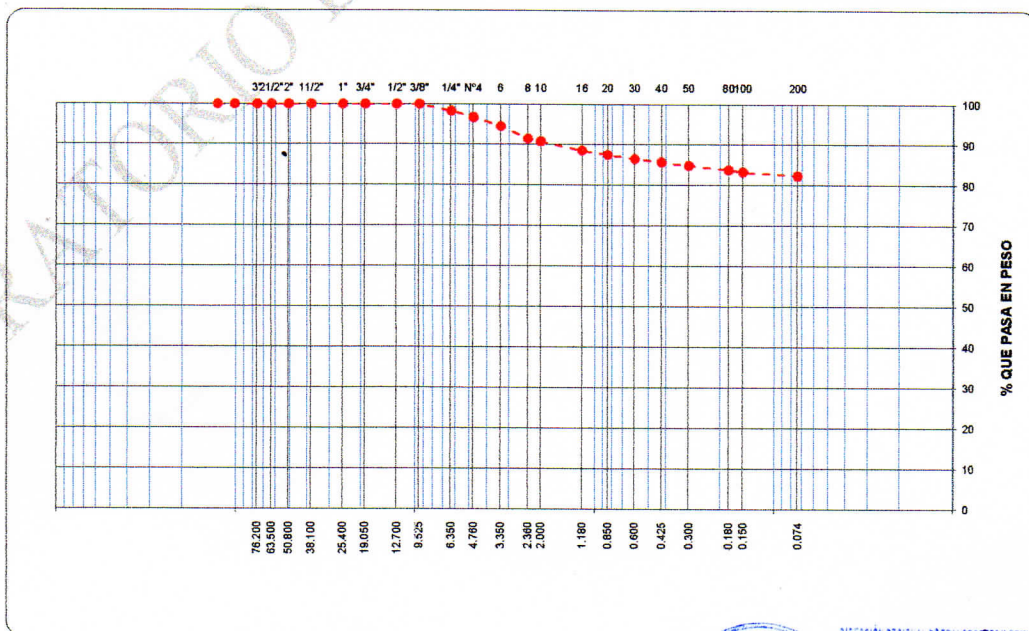
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

Obra : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRE. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016		Codigo Ensayo N° : 0.002 - 2016
SOLICINTE: BACH. LIBANY FERNANDEZ RIVA		
Proced: Sector Pucacruz	Calicata: N° 01 / M 01	Ing. Responsable : G. ALVARADO L.
Material : Mezcla 2% de Sal	Profundidad : 0.00 - 0.00 m	Fecha : 19/09/2016
		Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion	Descripcion
5"	127.000	0.0			100.0		1. Peso de Material
4"	101.600	0.0			100.0		Peso Inicial Total (kg) 300.0
3"	76.200	0.0			100.0		Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) 300.0
2 1/2"	63.500	0.0			100.0		
2"	50.800	0.0			100.0		2. Caracteristicas
1 1/2"	38.100	0.0			100.0		Tamaño Maximo
1"	25.400	0.0			100.0		Tamaño Maximo Nominal
3/4"	19.050	0.0			100.0		Grava (%) 3.3
1/2"	12.700	0.0			100.0		Arena (%) 14.3
3/8"	9.525	0.0			100.0		Finos (%) 82.4
1/4"	6.350	5.0	1.7	1.7	98.3		Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.760	4.8	1.6	3.3	96.7		
N° 6	3.350	6.7	2.2	5.4	94.6		
N° 8	2.360	9.3	3.0	8.4	91.6		
N° 10	2.000	2.3	0.8	9.2	90.8		3. Clasificacion
N° 16	1.180	6.7	2.2	11.3	88.7		Limite Liquido (%) 50.6
N° 20	0.850	3.3	1.1	12.4	87.6		Limite Plastico (%) 25.1
N° 30	0.600	3.1	1.0	13.4	86.6		Indice de Plasticidad (%) 25.5
N° 40	0.425	2.7	0.9	14.2	85.8		Clasificacion SUCS CH
N° 50	0.300	2.5	0.8	15.0	85.0		Clasificacion AASHTO A-7-6 (16)
N° 80	0.180	3.4	1.1	16.1	83.9		
N° 100	0.150	1.5	0.5	16.6	83.4		5. Observaciones (Fuente de Normalizacion)
N° 200	0.074	3.0	1.0	17.6	82.4		Manual de carreteras "Especificaciones Tecnicas Generales para Construccion" (EG-2013)
Pasante		255.6	82.4	100.0			



Observaciones: Muestra proporcionada por el Solicitante.

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TECNICO EN LABORATORIO DE SUELOS



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA

Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

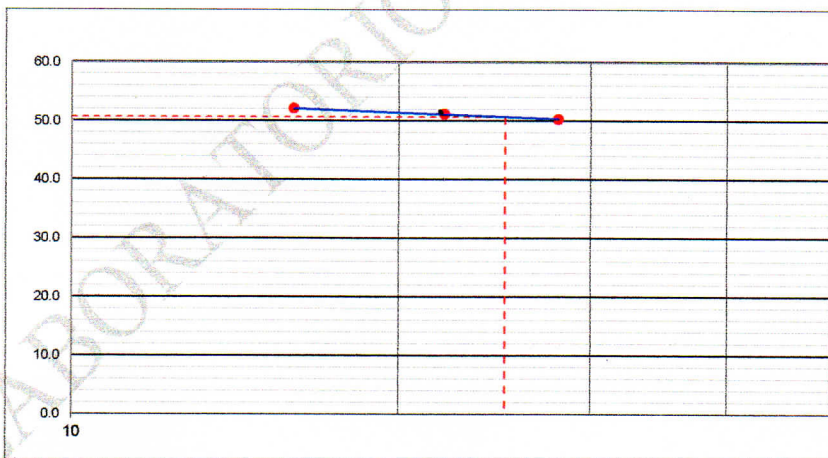
Obra : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRE. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016		Codigo Ensayo N° : 0.002 - 2016
SOLICINTE: BACH, LIBANY FERNANDEZ RIVA		
Proced: Sector Pucacruz	Calicata: N° 01 / M 01	Ing. Responsable : G. ALVARADO L.
Material : Mezcla 2% de Sal	Profundidad : 0.00 ± 0.00 m	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.
		Fecha : 19/09/2016

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		192	190	92	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	32.15	33.47	35.28	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	28.87	29.78	31.03	
Peso de Tarro	gr.	22.58	22.57	22.59	
Peso de Agua	gr.	3.28	3.69	4.25	
Peso del Suelo Seco	gr.	6.29	7.21	8.44	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	52.15	51.18	50.36	50.6
Numero de Golpes		16	22	28	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		13	70	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	13.08	12.82	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	12.78	12.57	
Peso de Tarro	gr.	11.58	11.58	
Peso de Agua	gr.	0.30	0.25	
Peso de Suelo seco	gr.	1.20	0.99	Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	25.00	25.25	25.1



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	50.6
Limite Plastico	25.1
Indice de Plasticidad	25.5
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

Observaciones: Muestra proporcionada por el Solicitante.

Muestra con 2% de sal

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA

Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



RUC: 20392327747

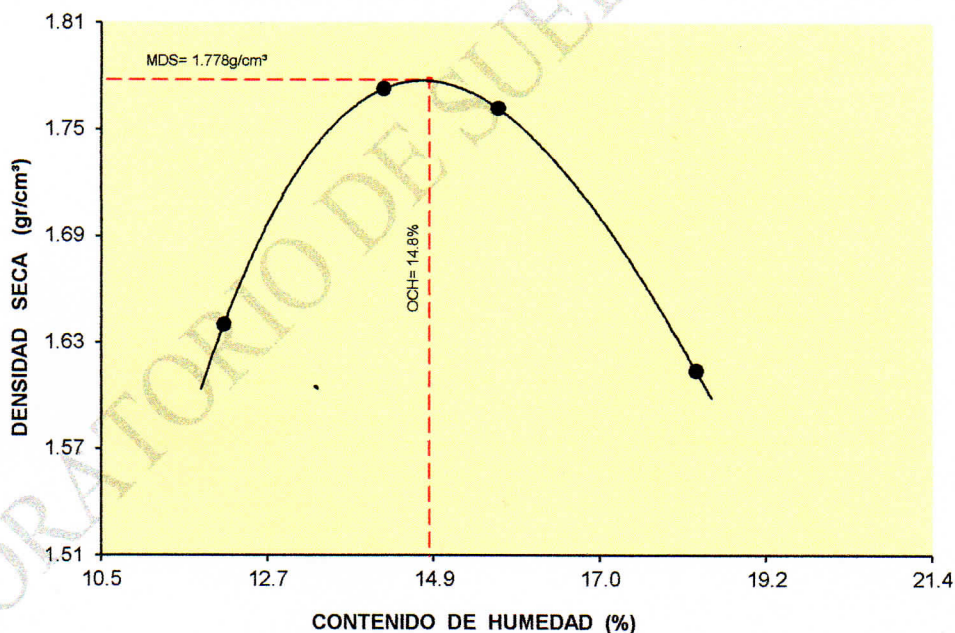
REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

ASTM D1557 - NTP ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO 339.141 USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m³)

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
 SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA
 PROCEDENCIA : Mezcla de suelo con sal Proporción: 2% de SAL
 CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00

REGISTRO : Lab.s. 0.002-2016
 FECHA : septiembre-2016

01 - Peso Suelo Humedo + Molde, g	7158.5	7557.4	7586.9	7310.5
02 - Peso del Molde, g	3248.0	3248.0	3248.0	3248.0
03 - Peso Suelo Humedo , g	3910.5	4309.4	4338.9	4062.5
04 - Volumen del Molde, cm ³	2128.0	2128.0	2128.0	2128.0
05 - Densidad Suelo Humedo, g/cm ³	1.838	2.025	2.039	1.909
06 - Tarro N°	72	38	102	163
07 - Peso suelo humedo + tarro , g	179.8	183.8	180.4	165.4
08 - Peso suelo seco + tarro , g	164.5	165.8	161.2	145.8
09 - Peso del agua , g	15.3	18.0	19.2	19.6
10 - Peso del tarro , g	38.9	38.8	38.9	38.8
11 - Peso suelo seco , g	125.7	127.0	122.4	107.0
12 - Contenido de Humedad, %	12.15	14.19	15.69	18.30
13 - Promedio de Humedad, %	12.1	14.2	15.7	18.3
14 - Densidad del Suelo Seco, g/cm ³	1.640	1.773	1.762	1.614
15 - Cantidad de agua añadida, cm ³	350	400	450	500



RESULTADOS DE ENSAYO

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.778 g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.8%

OBSERVACIONES : Muestra Proporcionada e Identificada por el Solicitante.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
 PORTUARIA

Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

ASTM D1883 - NTP ENSAYO DE CBR (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA
PROCEDENCIA : Mezcla de suelo con sal Proporción: 2% de SAL
CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00
REGISTRO : Lab.s. 0.002-2016
FECHA : septiembre-2016

Table with 7 columns: Parameter, Sin Embeber, Embebido, Sin Embeber, Embebido, Sin Embeber, Embebido. Rows include Molde N°, Capas N°, N° de golpes por capa, Condición de la muestra, Peso molde + suelo húmedo, etc.

EXPANSION

Table with 11 columns: Fecha, Hora, Tiempo días, Dial pulg, Expansión mm, Expansión %, Dial pulg, Expansión mm, Expansión %, Dial pulg, Expansión mm, Expansión %. Rows show expansion data from 09/11/2016 to 13/11/2016.

ABSORCION

Table with 4 columns: Molde N°, Molde 1, Molde 2, Molde 3. Rows include Peso suelo húmedo + plato + molde, Peso del plato + molde, etc.

PENETRACION

Table with 12 columns: Penetración mm, Penetración pulg, Presión patrón kg/cm², Molde 1 (Dial, Carga, Presión), Molde 2 (Dial, Carga, Presión), Molde 3 (Dial, Carga, Presión). Rows show penetration data from 0.000 to 12.700 mm.

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACION EFECTUADO CON PRENSA DIGITAL, MUESTRA PROPORCIONADA E IDENTIFICADA POR EL SOLICITANTE.

ÁREA DEL PISTÓN DE PENETRACION: 20.428cm²

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL APAYURI CHOTA TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



Ing. Geiner Alvarado Lopez DIRECTOR



ASTM D1883 - NTP ENSAYO DE CBR (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA
PROCEDENCIA : Mezcla de suelo con sal Proporción: 2% de SAL
CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00
REGISTRO : Lab.s. 0.002-2016
FECHA : septiembre-2016

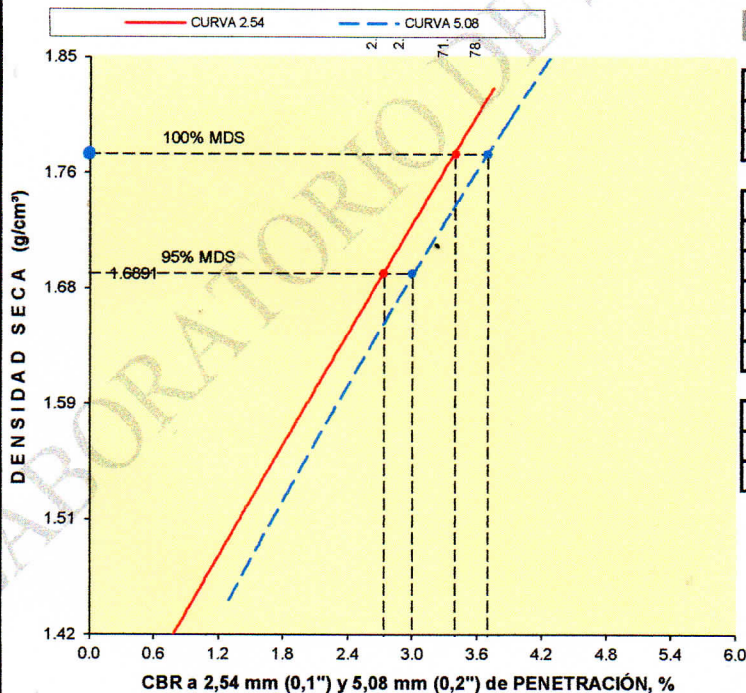
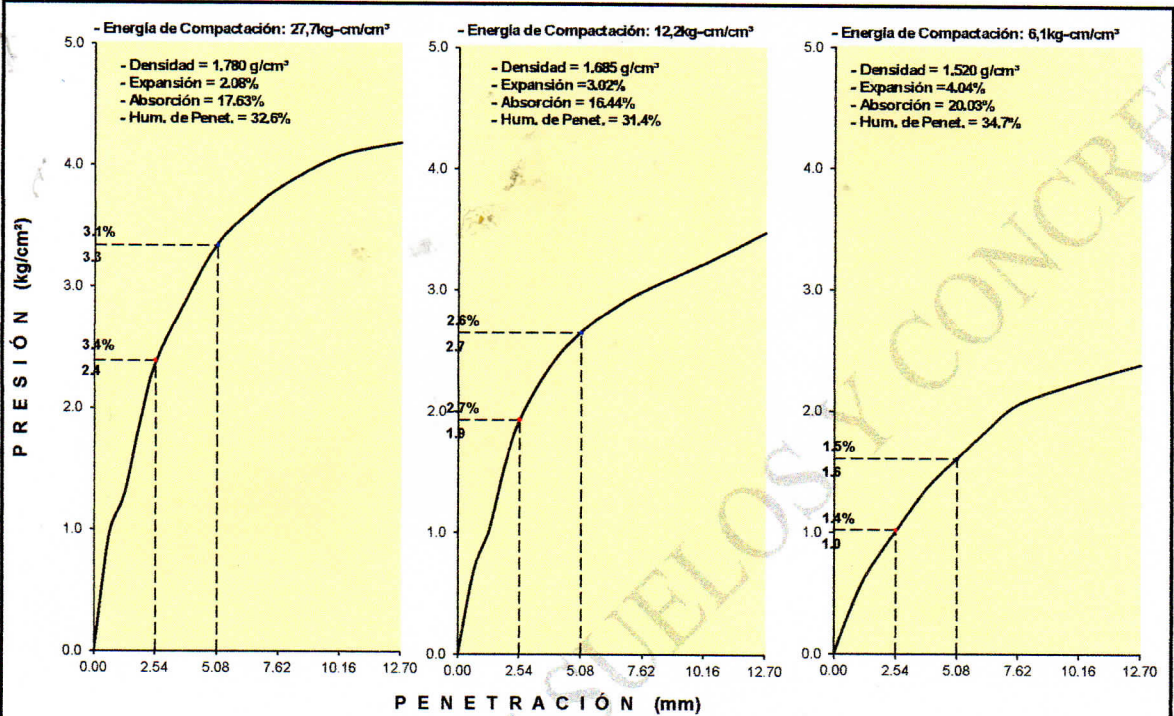


Table with 2 columns: Test Name and Result. Includes Proctor Modified (ASTM D-1557) results for maximum dry density and optimum moisture, and CBR (ASTM D-1883) results for 2.54 mm and 5.08 mm penetration.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA TÉCNICO EN ANÁLISIS DE SUELOS



Ing. Geiner Alvarado Lopez DIRECTOR

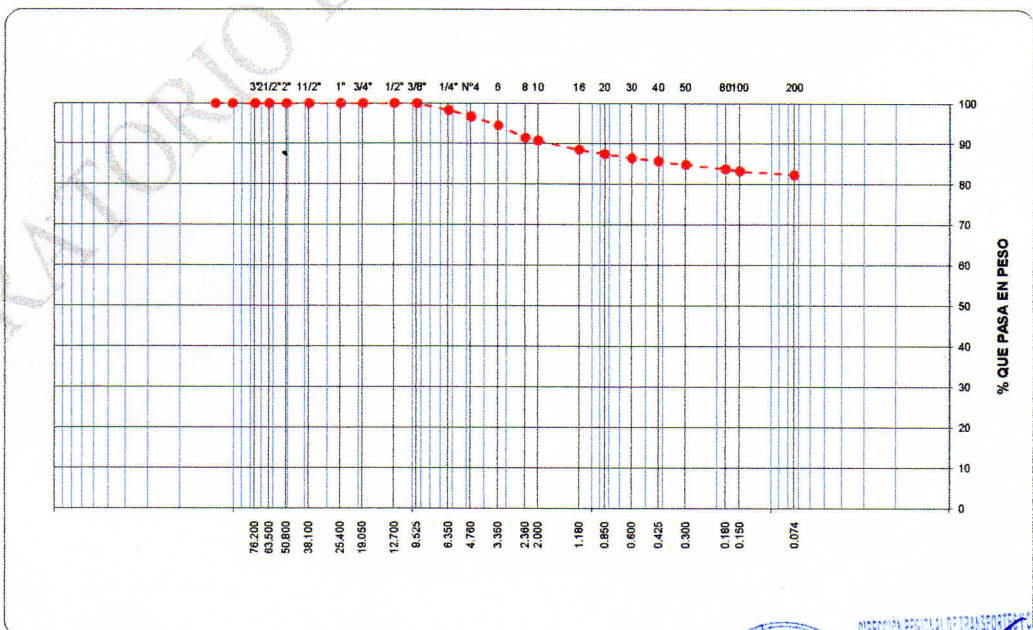


RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO						
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO						
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)						
Obra : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRE. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016						Codigo Ensayo N° : 0.003 - 2016
SOLICITE: BACH. LIBANY FERNANDEZ RIVA						
Proced: Sector Pucacruz		Calicata: N° 01 / M 01			Ing. Responsable : G. ALVARADO L.	
Material : Mezcla 5% de Sal		Profundidad : 0.00 - 0.00 m		Fecha : 19/09/2016		Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion	Descripcion
5"	127.000	0.0			100.0		1. Peso de Material
4"	101.600	0.0			100.0		Peso Inicial Total (kg) 300.0
3"	76.200	0.0			100.0		Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) 300.0
2 1/2"	63.500	0.0			100.0		
2"	50.800	0.0			100.0		2. Caracteristicas
1 1/2"	38.100	0.0			100.0		Tamaño Maximo
1"	25.400	0.0			100.0		Tamaño Maximo Nominal
3/4"	19.050	0.0			100.0		Grava (%) 3.3
1/2"	12.700	0.0			100.0		Arena (%) 14.3
3/8"	9.525	0.0			100.0		Finos (%) 82.4
1/4"	6.350	5.0	1.7	1.7	98.3		Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.760	4.8	1.6	3.3	96.7		
N° 6	3.350	6.7	2.2	5.4	94.6		
N° 8	2.360	9.3	3.0	8.4	91.6		3. Clasificacion
N° 10	2.000	2.3	0.8	9.2	90.8		Limite Liquido (%) 46.8
N° 16	1.180	6.7	2.2	11.3	88.7		Limite Plastico (%) 28.2
N° 20	0.850	3.3	1.1	12.4	87.6		Indice de Plasticidad (%) 18.5
N° 30	0.600	3.1	1.0	13.4	86.6		Clasificacion SUCS ML
N° 40	0.425	2.7	0.9	14.2	85.8		Clasificacion AASHTO A-7-6 (13)
N° 50	0.300	2.5	0.8	15.0	85.0		
N° 80	0.180	3.4	1.1	16.1	83.9		
N° 100	0.150	1.5	0.5	16.6	83.4		5. Observaciones (Fuente de Normalizacion)
N° 200	0.074	3.0	1.0	17.6	82.4		Manual de carreteras "Especificaciones Tecnicas Generales para Construccion" (EG-2013)
Pasante		255.6	82.4	100.0			



Observaciones: No muestra propiedades de cohesión. Solicitante.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS Y INFRAESTRUCTURA
Ing. Geiner Alvarado Lopez
DIRECTOR



RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

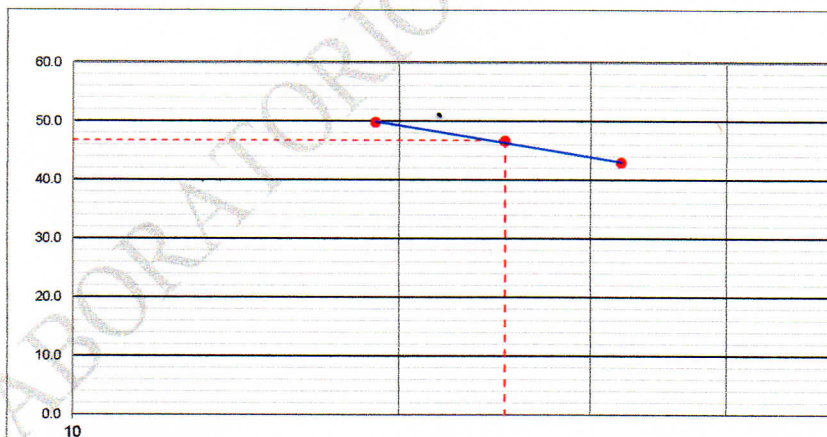
Obra : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRE. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016		Codigo Ensayo N° : 0.003 - 2016
SOLICINTE: BACH. LIBANY FERNANDEZ RIVA		
Proced: Sector Pucacruz	Calicata: N° 01 / M 01	Ing. Responsable : G. ALVARADO L.
Material : Mezcla 5% de Sal	Profundidad : 0.00 ± 0.00 m	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.
		Fecha : 19/09/2016

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		179	78	77	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	35.81	35.90	37.00	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	31.41	31.67	32.66	
Peso de Tarro	gr.	22.59	22.60	22.56	
Peso de Agua	gr.	4.40	4.23	4.34	
Peso del Suelo Seco	gr.	8.82	9.07	10.10	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	49.89	46.64	42.97	46.8
Numero de Golpes		19	25	32	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		7	8	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	13.51	13.50	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	13.07	13.09	
Peso de Tarro	gr.	11.57	11.58	
Peso de Agua	gr.	0.44	0.41	
Peso de Suelo seco	gr.	1.50	1.51	Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	29.33	27.15	28.2



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	46.8
Limite Plastico	28.2
Indice de Plasticidad	18.5
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

Observaciones: Muestra proporcionada por el Solicitante.

Muestra con 5% de sal

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS

Miguel Tapayuri Chota
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
DIRECCIÓN DE CAMINOS
AMAZONAS

Ing. Geiner Alvarado Lopez
Ing. Geiner Alvarado Lopez
DIRECTOR



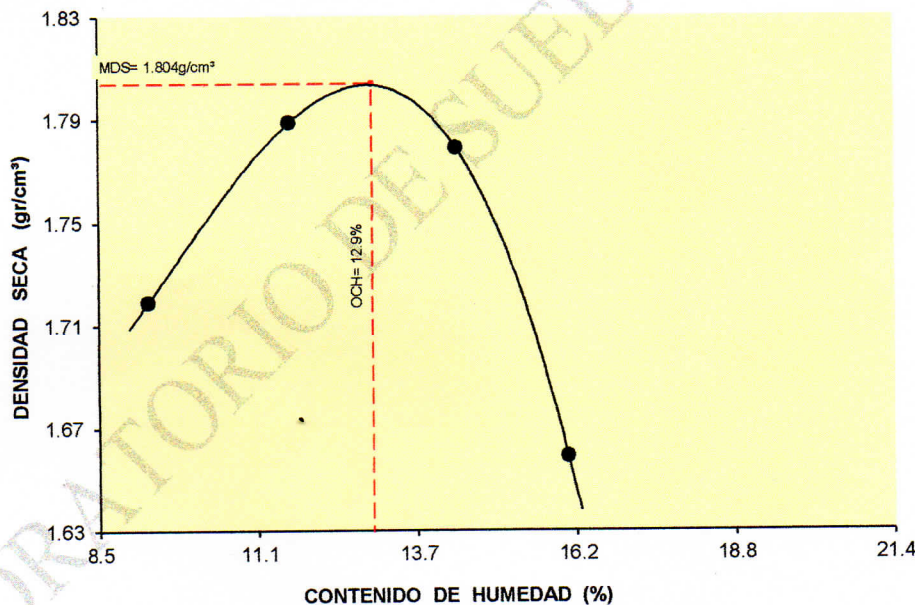
RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

**ASTM D1557 - NTP ENSAYO DE COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO
 339.141 USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m³)**

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
 SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA
 PROCEDENCIA : Mezcla de suelo con sal Proporción: 5% de SAL
 CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00
 REGISTRO : Lab.s. 0.003-2016
 FECHA : septiembre-2016

01 - Peso Suelo Humedo + Molde, g	7245.6	7498.5	7573.6	7346.2
02 - Peso del Molde, g	3248.0	3248.0	3248.0	3248.0
03 - Peso Suelo Humedo, g	3997.6	4250.5	4325.6	4098.2
04 - Volumen del Molde, cm ³	2128.0	2128.0	2128.0	2128.0
05 - Densidad Suelo Humedo, g/cm ³	1.879	1.997	2.033	1.926
06 - Tarro N°	7	58	44	98
07 - Peso suelo humedo + tarro, g	163.1	162.0	175.3	162.8
08 - Peso suelo seco + tarro, g	152.5	149.2	158.2	145.6
09 - Peso del agua, g	10.6	12.8	17.1	17.2
10 - Peso del tarro, g	38.8	38.9	38.8	38.8
11 - Peso suelo seco, g	113.7	110.4	119.4	106.8
12 - Contenido de Humedad, %	9.28	11.63	14.32	16.13
13 - Promedio de Humedad, %	9.3	11.6	14.3	16.1
14 - Densidad del Suelo Seco, g/cm ³	1.719	1.789	1.779	1.659
15.- Cantidad de agua añadida, cm ³	350	400	450	500



RESULTADOS DE ENSAYO	
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.804 g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.9%

OBSERVACIONES : Muestra Proporcionada e Identificada por el Solicitante.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS

Miguel Tapayuri Chota
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS Y INFRAESTRUCTURA

Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - AMAZONAS



RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

ASTM D1883 - NTP ENSAYO DE CBR (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016

SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA

PROCEDENCIA : Mezcla de suelo con sal Proporción: 5% de SAL

CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00

REGISTRO : Lab.s. 0.003-2016

FECHA : septiembre-2016

MOLDE N°	4		5		6			
CAPAS N°	5		5		5			
N° DE GOLPES POR CAPA	57		25		12			
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER		EMBEBIDO		SIN EMBEBER		EMBEBIDO	
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	9319.5	9857.0	9196.2	9847.0	8655.2	9371.0		
PESO DEL MOLDE, g	4983.0	4983.0	5011.0	5011.0	4983.0	4983.0		
PESO DEL SUELO HÚMEDO, g	4336.5	4874.0	4185.2	4836.0	3672.2	4388.0		
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2126.0	2170.2	2110.0	2173.8	2112.0	2197.2		
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.040	2.246	1.984	2.225	1.739	1.997		
DENSIDAD SECA	1.805	1.768	1.757	1.705	1.538	1.477		
TARA N°	92		98		99			
TARA + SUELO HÚMEDO	191.9		192.8		182.6			
TARA + SUELO SECO	174.3		175.2		165.9			
PESO DEL AGUA	17.6		17.6		16.7			
PESO DE LA TARA	38.8		38.8		38.8			
PESO DEL SUELO SECO	135.5		136.4		127.1			
% DE HUMEDAD	12.99		12.90		13.14			
% PROMEDIO DE HUMEDAD	13.0	27.00	12.9	30.50	13.1	35.2		

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
09/11/2016	03:00 p.m.	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
10/11/2016	03:00 p.m.	1	0.132	3.35	1.88	0.205	5.21	2.93	0.265	6.73	3.77
11/11/2016	03:00 p.m.	2	0.138	3.51	1.97	0.208	5.28	2.97	0.278	7.06	3.95
12/11/2016	03:00 p.m.	3	0.142	3.61	2.02	0.210	5.33	3.00	0.282	7.16	4.01
13/11/2016	03:00 p.m.	4	0.146	3.71	2.08	0.212	5.38	3.02	0.284	7.21	4.03

ABSORCIÓN

MOLDE N°	4	5	6
Peso suelo húmedo. + plato + molde, g	13315.0	13285.0	12850.0
Peso del plato + molde, g	8441.0	8449.0	8462.0
Peso suelo húmedo embebido, g	4874.0	4836.0	4388.0
Peso suelo húm. sin embeber, g	4336.5	4185.2	3672.2
Peso del agua absorbida, g	537.5	650.8	715.8
Peso del suelo seco, g	3837.6	3707.0	3246.9
Absorción de agua, %	14.01	17.56	22.05

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE 4			MOLDE 5			MOLDE 6		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
0.635	0.025		33.1	33.1	1.62	22.2	22.2	1.09	7.2	7.2	0.35
1.270	0.050		42.2	42.2	2.07	32.6	32.6	1.60	12.8	12.8	0.63
1.905	0.075		48.9	48.9	2.39	42.3	42.3	2.07	16.9	16.9	0.83
2.540	0.100	70.3	58.4	58.4	2.86	49.0	49.0	2.40	20.6	20.6	1.01
3.810	0.150		68.3	68.3	3.34	62.9	62.9	3.08	27.8	27.8	1.36
5.080	0.200	105.5	78.3	78.3	3.83	68.3	68.3	3.34	32.8	32.8	1.61
6.350	0.250		85.4	85.4	4.18	74.1	74.1	3.63	37.8	37.8	1.85
7.620	0.300		93.2	93.2	4.56	80.7	80.7	3.95	42.1	42.1	2.06
10.160	0.400		100.6	100.6	4.92	87.6	87.6	4.29	45.7	45.7	2.24
12.700	0.500		105.1	105.1	5.14	89.1	89.1	4.36	48.9	48.9	2.39

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRESNA DIGITAL, MUESTRA PROPORCIONADA E IDENTIFICADA POR EL SOLICITANTE.

ÁREA DEL PISTÓN DE PENETRACIÓN: 20.428cm²

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA

Ing. Geiner Alvarado Lopez
DIRECTOR



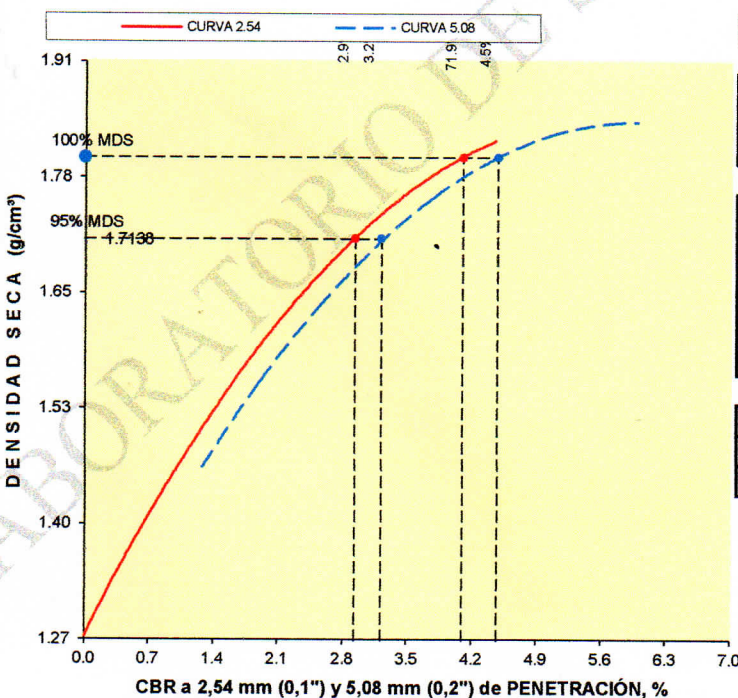
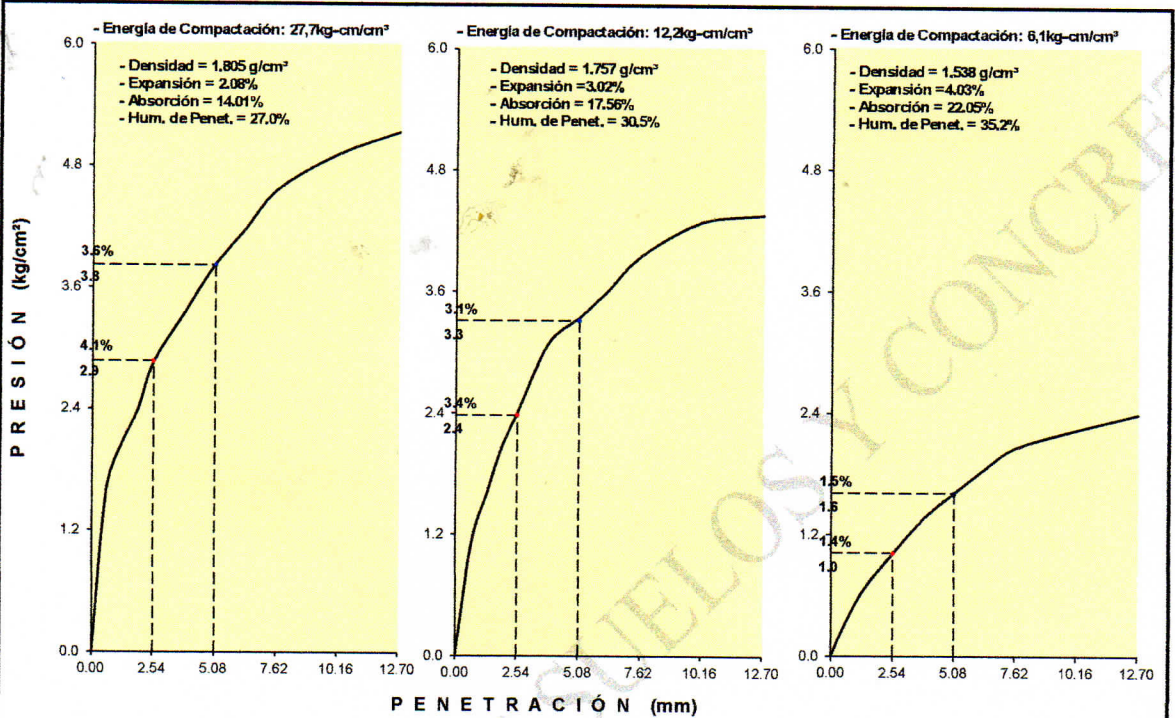
RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

ASTM D1883 - NTP ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
 SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA
 PROCEDENCIA : Mezcla de suelo con sal Proporción: 5% de SAL
 CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00

REGISTRO : Lab.s. 0.003-2016
 FECHA : septiembre-2016



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

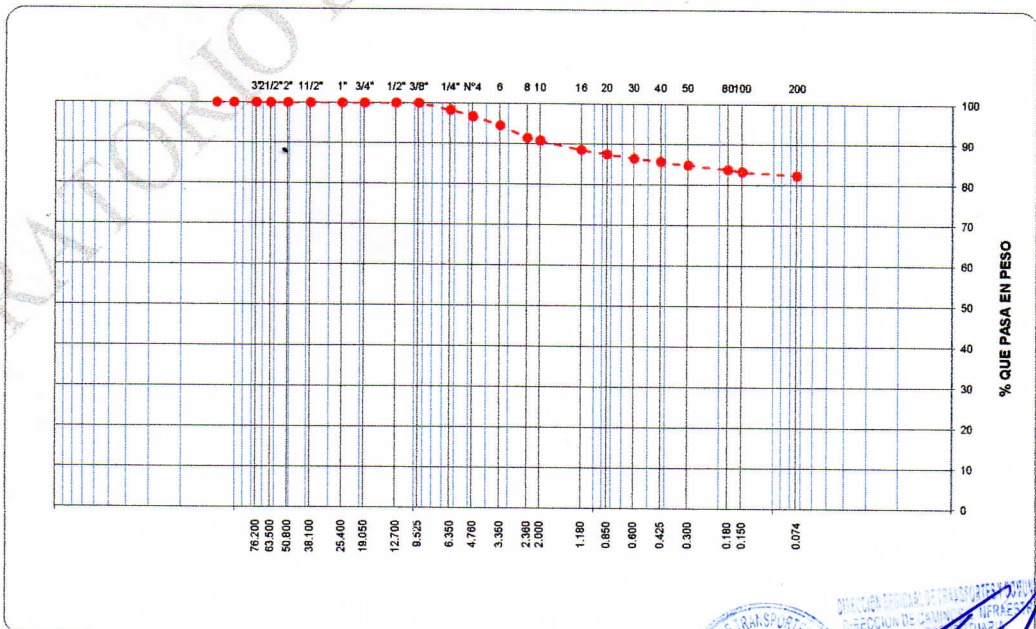
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS
Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCP

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)							
Obra : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRE. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016						Codigo Ensayo N° : 0.004 - 2016	
SOLICINTE: BACH. LIBANY FERNANDEZ RIVA							
Progres: Sector Pucacruz		Calicata: N° 01 / M 01			Ing. Responsable : G. ALVARADO L.		
Material : Mezcla 10% de Sal		Profundidad : 0.00 - 0.00 m		Fecha : 19/09/2016		Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.	
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion	Descripcion
5"	127.000	0.0			100.0		1. Peso de Material
4"	101.600	0.0			100.0		Peso Inicial Total (kg) <u>300.0</u>
3"	76.200	0.0			100.0		Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <u>300.0</u>
2 1/2"	63.500	0.0			100.0		
2"	50.800	0.0			100.0		2. Caracteristicas
1 1/2"	38.100	0.0			100.0		Tamaño Maximo
1"	25.400	0.0			100.0		Tamaño Maximo Nominal
3/4"	19.050	0.0			100.0		Grava (%) <u>3.3</u>
1/2"	12.700	0.0			100.0		Arena (%) <u>14.3</u>
3/8"	9.525	0.0			100.0		Finos (%) <u>82.4</u>
1/4"	6.350	5.0	1.7	1.7	98.3		Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.760	4.8	1.6	3.3	96.7		
N° 6	3.350	6.7	2.2	5.4	94.6		
N° 8	2.360	9.3	3.0	8.4	91.6		3. Clasificacion
N° 10	2.000	2.3	0.8	9.2	90.8		Limite Liquido (%) <u>41.1</u>
N° 16	1.180	6.7	2.2	11.3	88.7		Limite Plastico (%) <u>21.1</u>
N° 20	0.850	3.3	1.1	12.4	87.6		Indice de Plasticidad (%) <u>19.9</u>
N° 30	0.600	3.1	1.0	13.4	86.6		Clasificacion SUCS <u>CL</u>
N° 40	0.425	2.7	0.9	14.2	85.8		Clasificacion AASHTO <u>A-7-6 (12)</u>
N° 50	0.300	2.5	0.8	15.0	85.0		
N° 80	0.180	3.4	1.1	16.1	83.9		
N° 100	0.150	1.5	0.5	16.6	83.4		5. Observaciones (Fuente de Normalizacion)
N° 200	0.074	3.0	1.0	17.6	82.4		Manual de carreteras "Especificaciones Tecnicas Generales para Construccion" (EG-2013)
Pasante		255.6	82.4	100.0			



Observaciones: Muestra proporcionada por el Solicitante.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS Y INFRAESTRUCTURA
Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

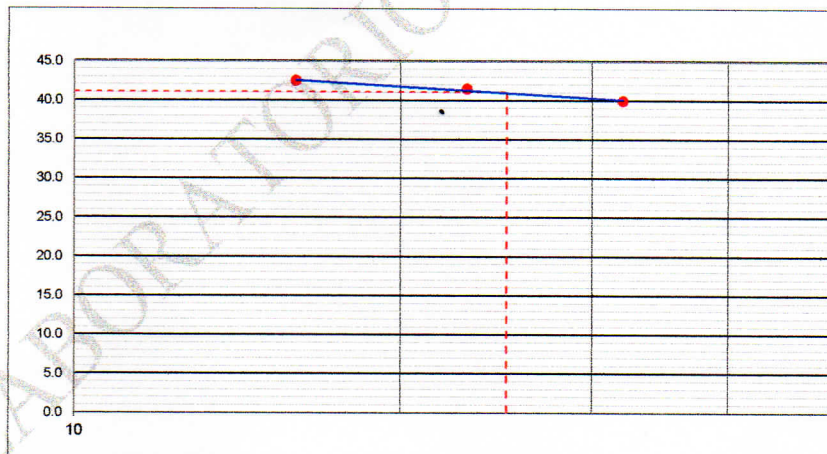
Obra : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRE. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016		Codigo Ensayo N° : 0.004 - 2016
SOLICINTE: BACH. LIBANY FERNANDEZ RIVA		
Progres: Sector Pucacruz	Calicata: N° 01 / M 01	Ing. Responsable : G. ALVARADO L.
Material : Mezcla 10% de Sal	Profundidad : 0.00 ± 0.00 m	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.
Fecha : 19/09/2016		

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		112	113	138	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	36.73	36.12	36.13	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	32.51	32.15	32.26	
Peso de Tarro	gr.	22.58	22.58	22.58	
Peso de Agua	gr.	4.22	3.97	3.87	
Peso del Suelo Seco	gr.	9.93	9.57	9.68	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	42.50	41.48	39.98	41.1
Numero de Golpes		16	23	32	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		10	20		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	14.09	14.08		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	13.67	13.63		
Peso de Tarro	gr.	11.60	11.58		
Peso de Agua	gr.	0.42	0.45		
Peso de Suelo seco	gr.	2.07	2.05		Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	20.29	21.95		21.1



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	41.1
Limite Plastico	21.1
Indice de Plasticidad	19.9
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

Observaciones: Muestra proporcionada por el Solicitante.

Muestra con 10% de sal

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TÉCNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS Y CONSTRUCCIONES AEROPORTUARIAS
Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



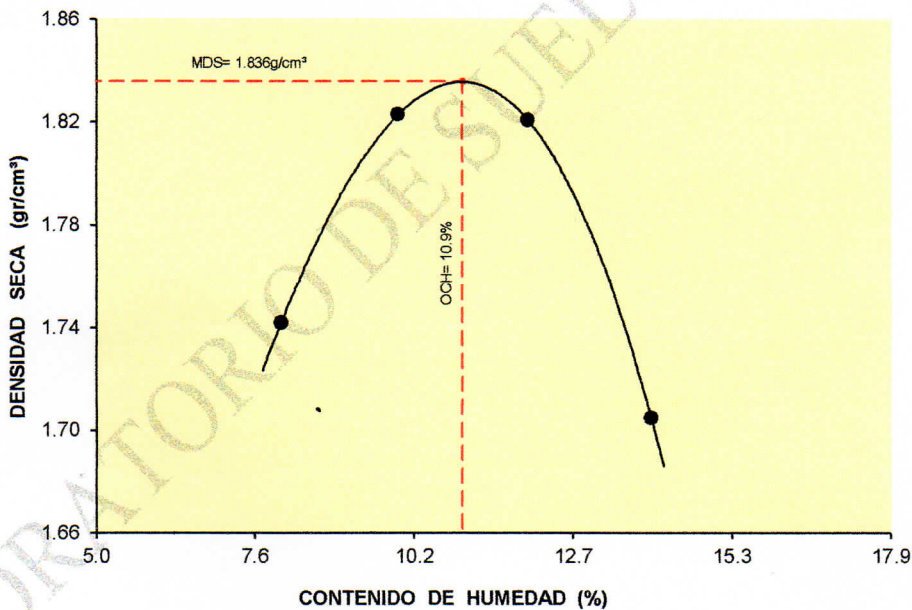
RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

**ASTM D1557 - NTP ENSAYO DE COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO
 339.141 USANDO ENERGIA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m³)**

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
 SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA REGISTRO : Lab.s. 0.004-2016
 PROCEDENCIA : Mezcla de suelo con sal Proporción: 10% de SAL FECHA : septiembre-2016
 CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00

01 - Peso Suelo Humedo + Molde, g	7250.2	7512.5	7588.4	7385.2
02 - Peso del Molde, g	3248.0	3248.0	3248.0	3248.0
03 - Peso Suelo Humedo , g	4002.2	4264.5	4340.4	4137.2
04 - Volumen del Molde, cm ³	2128.0	2128.0	2128.0	2128.0
05 - Densidad Suelo Humedo, g/cm ³	1.881	2.004	2.040	1.944
06 - Tarro N°	78	182	73	183
07 - Peso suelo humedo + tarro , g	183.5	170.5	178.3	185.6
08 - Peso suelo seco + tarro , g	172.8	158.6	163.4	167.6
09 - Peso del agua , g	10.7	11.9	14.9	18.0
10 - Peso del tarro , g	38.8	38.8	38.8	38.8
11 - Peso suelo seco , g	134.0	119.8	124.6	128.8
12 - Contenido de Humedad, %	8.02	9.94	11.97	14.00
13 - Promedio de Humedad, %	8.0	9.9	12.0	14.0
14 - Densidad del Suelo Seco, g/cm ³	1.742	1.823	1.821	1.705
15.- Cantidad de agua añadida, cm ³	350	400	450	500



RESULTADOS DE ENSAYO	
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.836 g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.9%

OBSERVACIONES : Muestra Proporcionada e Identificada por el Solicitante.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYUTI CHOTA
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA
 Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

ASTM D1883 - NTP ENSAYO DE CBR (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
 SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA
 PROCEDENCIA : Mezcla de suelo con sal Proporción: 10% de SAL
 CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00
 REGISTRO : Lab.s. 0.004-2016
 FECHA : septiembre-2016

MOLDE N°	9		8		7	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	57		25		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	9312.2	9815.0	9058.5	9580.0	8672.6	9168.0
PESO DEL MOLDE, g	4983.0	4983.0	4939.0	4939.0	4983.0	4983.0
PESO DEL SUELO HÚMEDO, g	4329.2	4832.0	4119.5	4641.0	3689.6	4185.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2126.0	2160.4	2135.0	2173.1	2121.0	2165.8
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.036	2.237	1.930	2.136	1.740	1.932
DENSIDAD SECA	1.836	1.807	1.747	1.716	1.575	1.542
TARA N°	129		128		123	
TARA + SUELO HÚMEDO	201.4		190.9		201.3	
TARA + SUELO SECO	185.4		176.5		185.9	
PESO DEL AGUA	16.0		14.4		15.4	
PESO DE LA TARA	38.9		38.9		38.9	
PESO DEL SUELO SECO	146.5		137.6		147.1	
% DE HUMEDAD	10.92		10.46		10.47	
% PROMEDIO DE HUMEDAD	10.9	23.80	10.5	24.50	10.5	25.3

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
09/11/2016	03:00 p.m.	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
10/11/2016	03:00 p.m.	1	0.100	2.54	1.43	0.115	2.92	1.64	0.130	3.30	1.85
11/11/2016	03:00 p.m.	2	0.102	2.59	1.46	0.118	3.00	1.68	0.138	3.51	1.97
12/11/2016	03:00 p.m.	3	0.108	2.74	1.54	0.122	3.10	1.74	0.142	3.61	2.03
13/11/2016	03:00 p.m.	4	0.113	2.87	1.62	0.125	3.18	1.78	0.148	3.76	2.11

ABSORCIÓN

MOLDE N°	9	8	7
Peso suelo húmedo. + plato + molde, g	13385.0	13085.0	12450.0
Peso del plato + molde, g	8553.0	8444.0	8265.0
Peso suelo húmedo embebido, g	4832.0	4641.0	4185.0
Peso suelo húm. sin embeber, g	4329.2	4119.5	3689.6
Peso del agua absorbida, g	502.8	521.5	495.4
Peso del suelo seco, g	3903.7	3728.1	3339.0
Absorción de agua, %	12.88	13.99	14.84

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE 9			MOLDE 8			MOLDE 7		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
0.635	0.025		28.6	28.6	1.40	22.2	22.2	1.09	9.6	9.6	0.47
1.270	0.050		42.2	42.2	2.07	38.9	38.9	1.90	17.8	17.8	0.87
1.905	0.075		54.2	54.2	2.65	47.6	47.6	2.33	26.5	26.5	1.30
2.540	0.100	70.3	70.2	70.2	3.44	58.7	58.7	2.87	37.6	37.6	1.84
3.810	0.150		88.5	88.5	4.33	72.1	72.1	3.53	48.5	48.5	2.37
5.080	0.200	105.5	95.6	95.6	4.68	84.5	84.5	4.14	55.7	55.7	2.73
6.350	0.250		105.4	105.4	5.16	93.5	93.5	4.58	60.2	60.2	2.95
7.620	0.300		112.5	112.5	5.51	100.6	100.6	4.92	65.2	65.2	3.19
10.160	0.400		117.5	117.5	5.75	109.6	109.6	5.37	70.5	70.5	3.45
12.700	0.500		120.7	120.7	5.91	114.7	114.7	5.61	76.2	76.2	3.73

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRENSA DIGITAL, MUESTRA PROPORCIONADA E IDENTIFICADA POR EL SOLICITANTE

ÁREA DEL PISTÓN DE PENETRACIÓN: 20.428cm²

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYORI CHOTA
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS, INFRAESTRUCTURA Y MERCANTILIA
Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



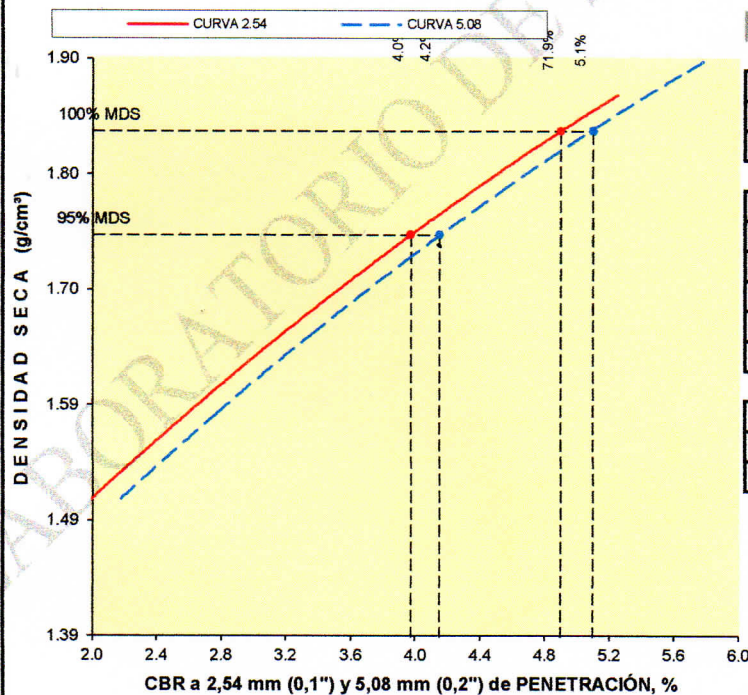
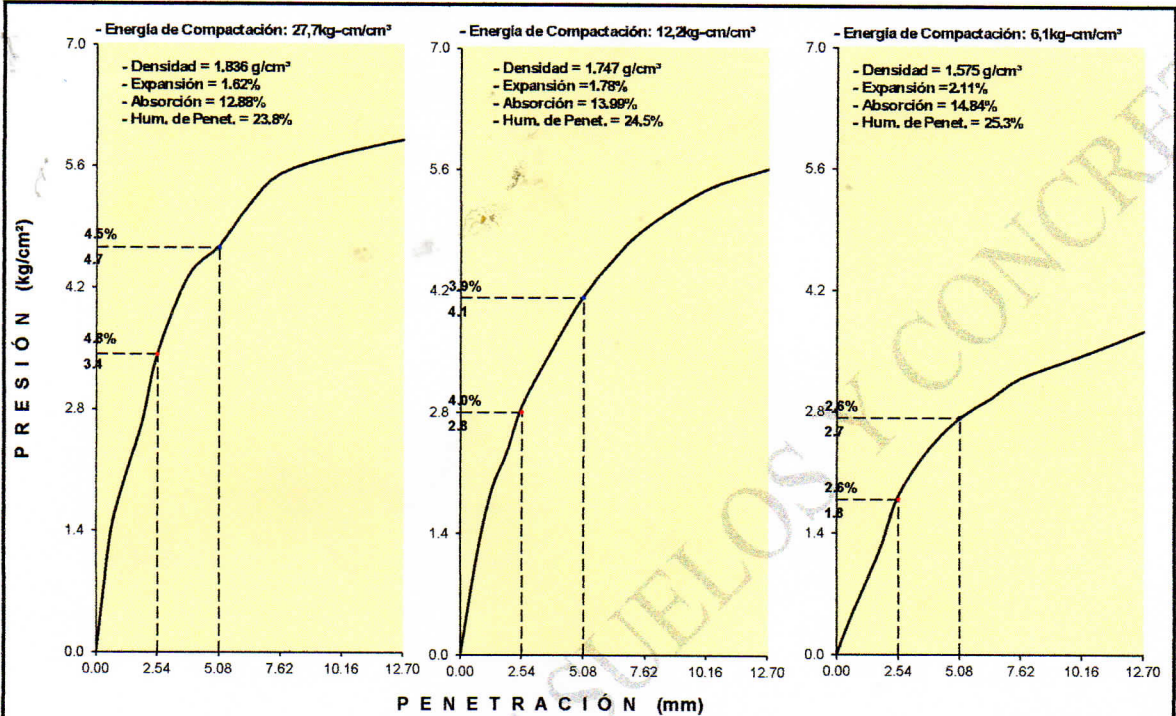
RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

ASTM D1883 - NTP ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
 SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA
 PROCEDENCIA : Mezcla de suelo con sal Proporción: 10% de SAL
 CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00

REGISTRO : Lab.s. 0.004-2016
 FECHA : septiembre-2016



RESULTADOS DE ENSAYOS	
Proctor Modificado (ASTM D-1557)	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm ³	1.836
- Óptimo Cont. de Humedad, %	10.9
CBR (ASTM D-1883)	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	4.9
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	4.0
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	5.1
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	4.2
Caracterización del Suelo	
- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-7-6(13)
- Gravedad Específica	--

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS



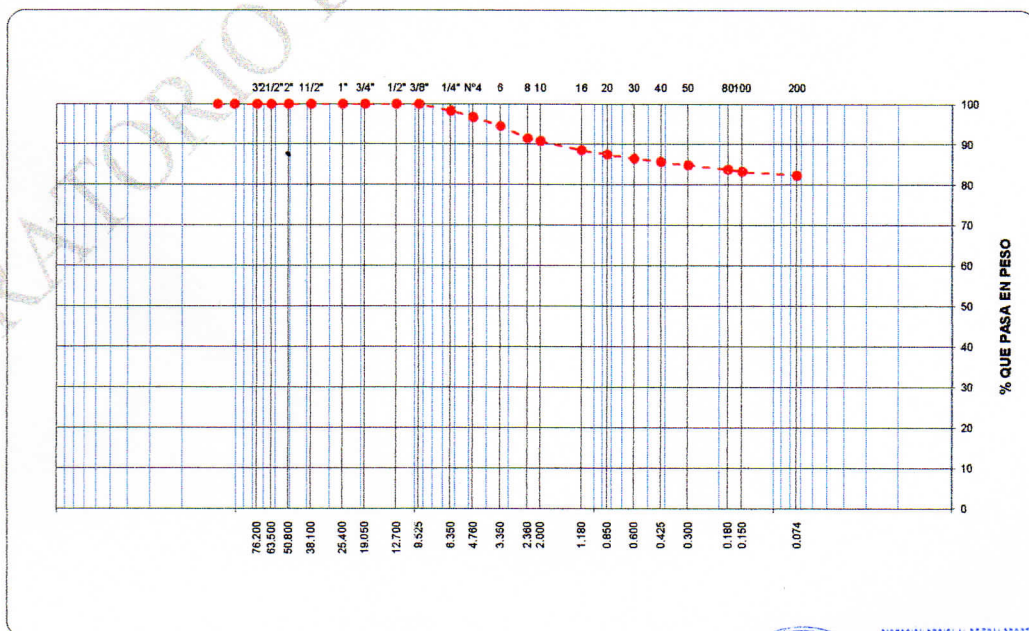
Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)							
Obra : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRE. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016						Codigo Ensayo N° : 0.005 - 2016	
SOLICINTE: BACH. LIBANY FERNANDEZ RIVA							
Progres: Sector Pucacruz		Calicata: N° 01 / M 01			Ing. Responsable : G. ALVARADO L.		
Material : Mezcla 20% de Sal		Profundidad : 0.00 - 0.00 m		Fecha : 19/09/2016	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.		
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion	Descripcion
5"	127.000	0.0			100.0		1. Peso de Material
4"	101.600	0.0			100.0		Peso Inicial Total (kg) <u>300.0</u>
3"	76.200	0.0			100.0		Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <u>300.0</u>
2 1/2"	63.500	0.0			100.0		
2"	50.800	0.0			100.0		2. Características
1 1/2"	38.100	0.0			100.0		Tamaño Maximo
1"	25.400	0.0			100.0		Tamaño Maximo Nominal
3/4"	19.050	0.0			100.0		Grava (%) <u>3.3</u>
1/2"	12.700	0.0			100.0		Arena (%) <u>14.3</u>
3/8"	9.525	0.0			100.0		Finos (%) <u>82.4</u>
1/4"	6.350	5.0	1.7	1.7	98.3		Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.760	4.8	1.6	3.3	96.7		
N° 6	3.350	6.7	2.2	5.4	94.6		
N° 8	2.360	9.3	3.0	8.4	91.6		3. Clasificacion
N° 10	2.000	2.3	0.8	9.2	90.8		Limite Liquido (%) <u>36.6</u>
N° 16	1.180	6.7	2.2	11.3	88.7		Limite Plastico (%) <u>26.0</u>
N° 20	0.850	3.3	1.1	12.4	87.6		Indice de Plasticidad (%) <u>10.6</u>
N° 30	0.600	3.1	1.0	13.4	86.6		Clasificacion SUCS <u>ML</u>
N° 40	0.425	2.7	0.9	14.2	85.8		Clasificacion AASHTO <u>A-6 (8)</u>
N° 50	0.300	2.5	0.8	15.0	85.0		
N° 80	0.180	3.4	1.1	16.1	83.9		
N° 100	0.150	1.5	0.5	16.6	83.4		5. Observaciones (Fuente de Normalizacion)
N° 200	0.074	3.0	1.0	17.6	82.4		Manual de carreteras "Especificaciones Tecnicas Generales para Construccion" (EG-2013)
Pasante		255.6	82.4	100.0			



Observaciones: Muestra proporcionada por el Solicitante.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
G. ALVARADO L.



RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

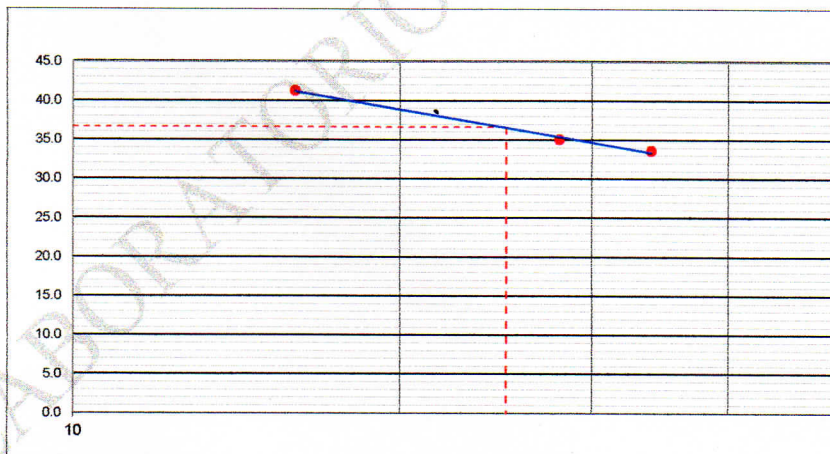
Obra : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRE. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016		Codigo Ensayo N° : 0.005 - 2016
SOLICINTE: BACH. LIBANY FERNANDEZ RIVA		
Progres: Sector Pucacruz	Calicata: N° 01 / M 01	Ing. Responsable : G. ALVARADO L.
Material : Mezcla 20% de Sal	Profundidad : 0.00 - 0.00 m	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.
		Fecha : 19/09/2016

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		82	121	140	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	36.53	36.98	37.40	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	32.45	33.24	33.67	
Peso de Tarro	gr.	22.57	22.58	22.58	
Peso de Agua	gr.	4.08	3.74	3.73	
Peso del Suelo Seco	gr.	9.88	10.66	11.09	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	41.30	35.08	33.63	36.6
Numero de Golpes		16	28	34	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		49	50	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	14.85	14.87	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	14.18	14.19	
Peso de Tarro	gr.	11.59	11.59	
Peso de Agua	gr.	0.67	0.68	
Peso de Suelo seco	gr.	2.59	2.60	Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	25.87	26.15	26.0



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	36.6
Limite Plastico	26.0
Indice de Plasticidad	10.6
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

Observaciones: Muestra proporcionada por el Solicitante.

Muestra con 20% de sal

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
 AEROPORTUARIA

Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



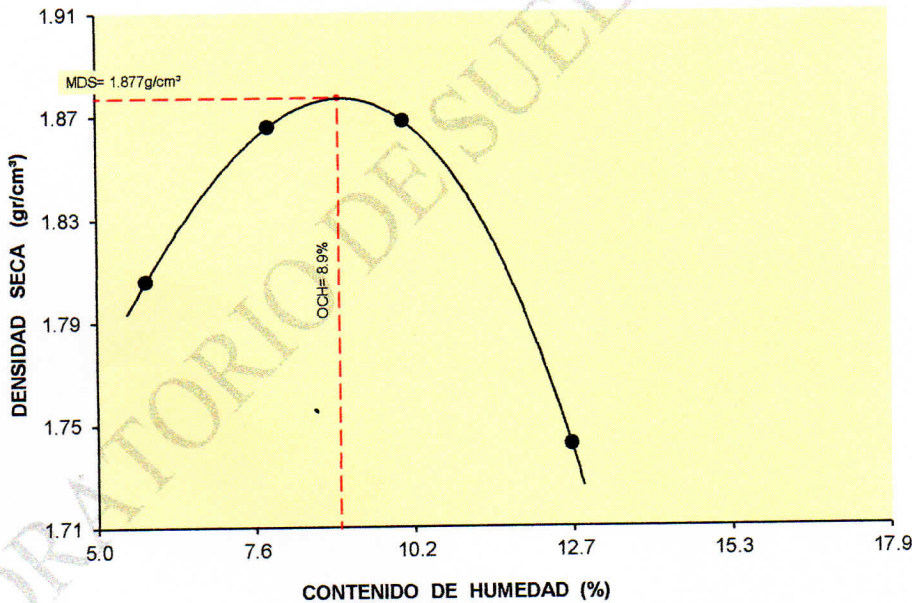
RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

**ASTM D1557 - NTP ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO
 339.141 USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m³)**

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
 SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA
 PROCEDENCIA : Mezcla de suelo con sal Proporción: 20% de SAL
 CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00
 REGISTRO : Lab.s. 0.005-2016
 FECHA : septiembre-2016

01 - Peso Suelo Humedo + Molde, g	7315.4	7530.2	7620.2	7425.2
02 - Peso del Molde, g	3248.0	3248.0	3248.0	3248.0
03 - Peso Suelo Humedo, g	4067.4	4282.2	4372.2	4177.2
04 - Volumen del Molde, cm ³	2128.0	2128.0	2128.0	2128.0
05 - Densidad Suelo Humedo, g/cm ³	1.911	2.012	2.055	1.963
06 - Tarro N°	136	27	100	157
07 - Peso suelo humedo + tarro, g	180.2	178.5	187.8	188.6
08 - Peso suelo seco + tarro, g	172.5	168.4	174.2	171.8
09 - Peso del agua, g	7.7	10.1	13.6	16.8
10 - Peso del tarro, g	38.9	38.9	38.9	38.9
11 - Peso suelo seco, g	133.6	129.6	135.4	133.0
12 - Contenido de Humedad, %	5.79	7.80	10.03	12.66
13 - Promedio de Humedad, %	5.8	7.8	10.0	12.7
14 - Densidad del Suelo Seco, g/cm ³	1.806	1.866	1.868	1.742
15.- Cantidad de agua añadida, cm ³	350	400	450	500



RESULTADOS DE ENSAYO	
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.877 g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.9%

OBSERVACIONES : Muestra Proporcionada e Identificada por el Solicitante.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL YAPAYRI CHOTA
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS



Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

ASTM D1883 - NTP ENSAYO DE CBR (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
 SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA REGISTRO : Lab.s. 0.005-2016
 PROCEDENCIA : Mezcla de suelo con sal Proporción: 20% de SAL FECHA : septiembre-2016
 CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00

MOLDE N°	12		11		10			
CAPAS N°	5		5		5			
N° DE GOLPES POR CAPA	57		25		12			
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER		EMBEBIDO		SIN EMBEBER		EMBEBIDO	
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	9328.0	9755.0	9125.2	9570.0	8825.4	9285.0		
PEÑO DEL MOLDE, g	4983.0	4983.0	4914.0	4914.0	4983.0	4983.0		
PEÑO DEL SUELO HÚMEDO, g	4345.0	4772.0	4211.2	4656.0	3842.4	4302.0		
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2126.0	2144.8	2126.0	2150.9	2126.0	2157.0		
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.044	2.225	1.981	2.165	1.807	1.994		
DENSIDAD SECA	1.879	1.862	1.819	1.798	1.664	1.640		
TARA N°	146		170		198			
TARA + SUELO HÚMEDO	190.4		184.3		182.2			
TARA + SUELO SECO	178.2		172.4		170.9			
PESO DEL AGUA	12.2		11.9		11.3			
PESO DE LA TARA	38.8		38.9		38.9			
PESO DEL SUELO SECO	139.4		133.6		132.1			
% DE HUMEDAD	8.75		8.91		8.56			
% PROMEDIO DE HUMEDAD	8.8	19.50	8.9	20.40	8.6	21.6		

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
10/11/2016	03:00 p.m.	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
11/11/2016	03:00 p.m.	1	0.052	1.32	0.74	0.076	1.93	1.08	0.089	2.26	1.27
12/11/2016	03:00 p.m.	2	0.056	1.42	0.80	0.078	1.98	1.11	0.092	2.34	1.32
13/11/2016	03:00 p.m.	3	0.058	1.47	0.83	0.080	2.03	1.14	0.096	2.44	1.37
14/11/2016	03:00 p.m.	4	0.062	1.57	0.88	0.082	2.08	1.17	0.102	2.59	1.46

ABSORCIÓN

MOLDE N°	12	11	10
Peso suelo húmedo. + plato + molde, g	12910.0	13055.0	12450.0
Peso del plato + molde, g	8138.0	8399.0	8148.0
Peso suelo húmedo embebido, g	4772.0	4656.0	4302.0
Peso suelo húm. sin embeber, g	4345.0	4211.2	3842.4
Peso del agua absorbida, g	427.0	444.8	459.6
Peso del suelo seco, g	3993.6	3867.0	3538.1
Absorción de agua, %	10.69	11.50	12.99

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE 12			MOLDE 11			MOLDE 10		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
0.635	0.025		30.2	30.2	1.48	23.4	23.4	1.15	14.2	14.2	0.70
1.270	0.050		42.2	42.2	2.07	36.4	36.4	1.78	24.3	24.3	1.19
1.905	0.075		65.4	65.4	3.20	57.8	57.8	2.83	35.5	35.5	1.74
2.540	0.100	70.3	85.6	85.6	4.19	73.7	73.7	3.61	48.2	48.2	2.36
3.810	0.150		110.5	110.5	5.41	97.8	97.8	4.79	65.5	65.5	3.21
5.080	0.200	105.5	125.6	125.6	6.15	111.8	111.8	5.47	81.8	81.8	4.00
6.350	0.250		145.2	145.2	7.11	121.0	121.0	5.92	95.6	95.6	4.68
7.620	0.300		155.4	155.4	7.61	129.8	129.8	6.35	105.4	105.4	5.16
10.160	0.400		162.5	162.5	7.95	146.7	146.7	7.18	114.2	114.2	5.59
12.700	0.500		169.6	169.6	8.30	153.6	153.6	7.52	118.5	118.5	5.80

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRESA DIGITAL, MUESTRA PROPORCIONADA E IDENTIFICADA POR EL SOLICITANTE.

ÁREA DEL PISTÓN DE PENETRACIÓN: 20.428cm²

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS Y MEJORA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



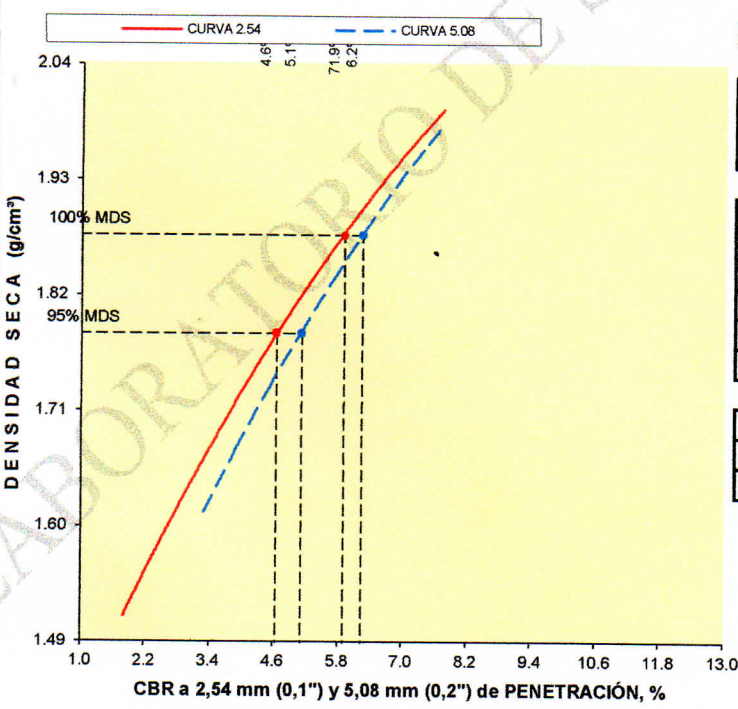
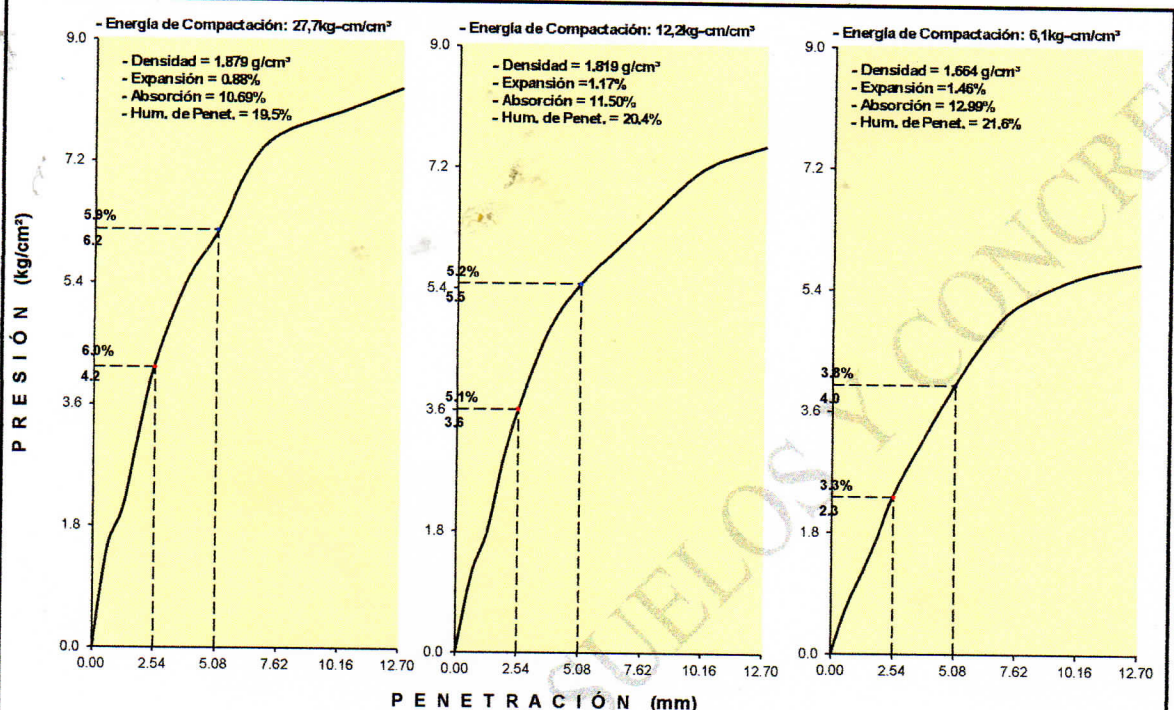
RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

ASTM D1883 - NTP ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
 SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA
 PROCEDENCIA : Mezcla de suelo con sal Proporción: 20% de SAL
 CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00

REGISTRO : Lab.s. 0.005-2016
 FECHA : septiembre-2016



RESULTADOS DE ENSAYOS

Proctor Modificado (ASTM D-1557)	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	1.877
- Óptimo Cont. de Humedad, %	8.9

CBR (ASTM D-1883)	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	5.9
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	4.6
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	6.2
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	5.1

Caracterización del Suelo	
- Clasificación SUCS	ML
- Clasificación AASHTO	A-6(8)
- Gravedad Específica	--

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPATURI CHOTA
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
 Ing. Geimer Alvarado Lopez
 DIRECTOR



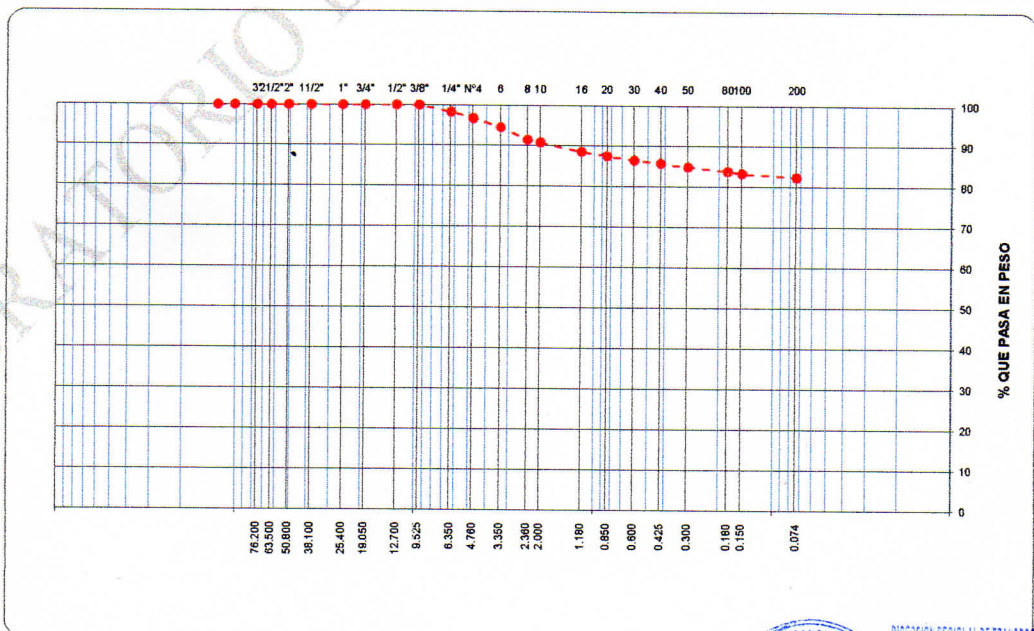
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

Obra : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRE. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016		Codigo Ensayo N° : 0.006 - 2016
SOLICINTE: BACH. LIBANY FERNANDEZ RIVA		
Progres: Sector Pucacruz	Calicata: N° 01 / M 01	Ing. Responsable : G. ALVARADO L.
Material : Mezcla 30% de Sal	Profundidad : 0.00 - 0.00 m	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion	Descripcion
5"	127.000	0.0			100.0		1. Peso de Material
4"	101.600	0.0			100.0		Peso Inicial Total (kg) <u>300.0</u>
3"	76.200	0.0			100.0		Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <u>300.0</u>
2 1/2"	63.500	0.0			100.0		
2"	50.800	0.0			100.0		2. Caracteristicas
1 1/2"	38.100	0.0			100.0		Tamaño Maximo
1"	25.400	0.0			100.0		Tamaño Maximo Nominal
3/4"	19.050	0.0			100.0		Grava (%) <u>3.3</u>
1/2"	12.700	0.0			100.0		Arena (%) <u>14.3</u>
3/8"	9.525	0.0			100.0		Finos (%) <u>82.4</u>
1/4"	6.350	5.0	1.7	1.7	98.3		Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.760	4.8	1.6	3.3	96.7		
N° 6	3.350	6.7	2.2	5.4	94.6		
N° 8	2.360	9.3	3.0	8.4	91.6		
N° 10	2.000	2.3	0.8	9.2	90.8		3. Clasificacion
N° 16	1.180	6.7	2.2	11.3	88.7		Limite Liquido (%) <u>36.6</u>
N° 20	0.850	3.3	1.1	12.4	87.6		Limite Plastico (%) <u>26.8</u>
N° 30	0.600	3.1	1.0	13.4	86.6		Indice de Plasticidad (%) <u>9.8</u>
N° 40	0.425	2.7	0.9	14.2	85.8		Clasificacion SUCS
N° 50	0.300	2.5	0.8	15.0	85.0		Clasificacion AASHTO <u>A-4 (8)</u>
N° 80	0.180	3.4	1.1	16.1	83.9		
N° 100	0.150	1.5	0.5	16.6	83.4		5. Observaciones (Fuente de Normalizacion)
N° 200	0.074	3.0	1.0	17.6	82.4		Manual de carreteras "Especificaciones Tecnicas Generales para Construccion" (EG-2013)
Pasante		255.6	82.4	100.0			



Observaciones: Muestra proporcionada por el Solicitante.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TAMAYURI CHOTA



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
DE TRANSPORTES

Ing. Geiner Alvarado Lopez
DIRECTOR



RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

Obra : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRE. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016		Codigo Ensayo N° : 0.006 - 2016
SOLICINTE: BACH. LIBANY FERNANDEZ RIVA		
Progres: Sector Pucacruz	Calicata: N° 01 / M 01	Ing. Responsable : G. ALVARADO L.
Material : Mezcla 30% de Sal	Profundidad : 0.00 - 0.00 m	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.
		Fecha : 19/09/2016

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		169	98	143	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	35.99	36.28	36.38	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	32.40	32.59	32.71	
Peso de Tarro	gr.	22.58	22.57	22.58	
Peso de Agua	gr.	3.59	3.69	3.67	
Peso del Suelo Seco	gr.	9.82	10.02	10.13	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	36.56	36.83	36.23	36.6
Numero de Golpes		17	23	34	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		9	30	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	14.58	14.70	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	13.96	14.03	
Peso de Tarro	gr.	11.59	11.59	
Peso de Agua	gr.	0.62	0.67	
Peso de Suelo seco	gr.	2.37	2.44	Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	26.16	27.46	26.8



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	36.6
Limite Plastico	26.8
Indice de Plasticidad	9.8
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

Observaciones: Muestra proporcionada por el Solicitante.

Muestra con 30% de sal

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS TERRESTRES Y AEROPORTUARIA
DIRECCIÓN DE CAMINOS
 Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



RUC: 20392327747

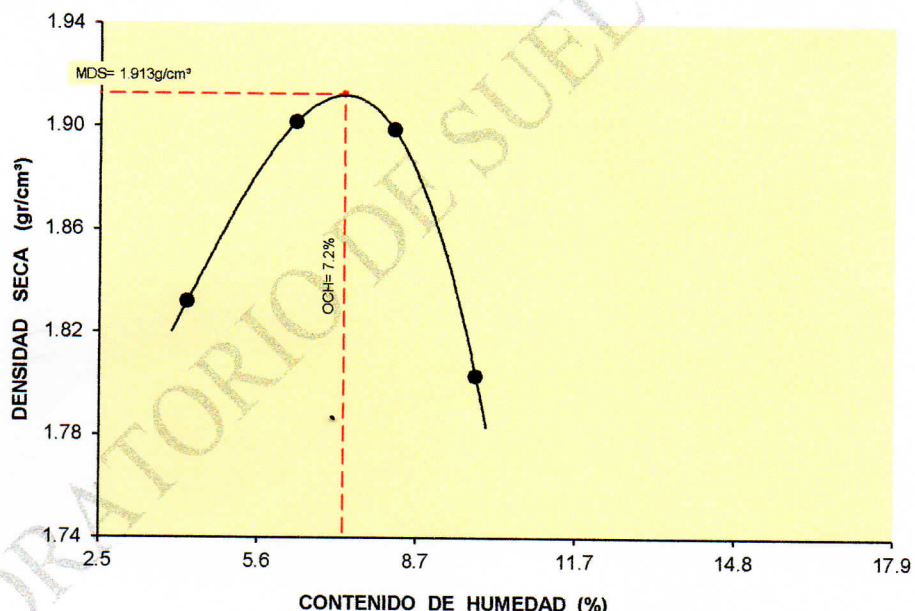
REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

ASTM D1557 - NTP ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO 339.141 USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m³)

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
 SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA
 PROCEDENCIA : Mezcla de suelo con sal Proporción: 30% de SAL
 CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00

REGISTRO : Lab.s. 0.006-2016
 FECHA : septiembre-2016

01 - Peso Suelo Humedo + Molde, g	7310.4	7550.4	7620.2	7460.7
02 - Peso del Molde, g	3248.0	3248.0	3248.0	3248.0
03 - Peso Suelo Humedo, g	4062.4	4302.4	4372.2	4212.7
04 - Volumen del Molde, cm ³	2128.0	2128.0	2128.0	2128.0
05 - Densidad Suelo Humedo, g/cm ³	1.909	2.022	2.055	1.980
06 - Tarro N°	44	102	7	37
07 - Peso suelo humedo + tarro, g	191.4	185.1	174.1	183.9
08 - Peso suelo seco + tarro, g	185.2	176.4	163.8	171.0
09 - Peso del agua, g	6.2	8.7	10.3	12.9
10 - Peso del tarro, g	38.8	38.9	38.8	38.8
11 - Peso suelo seco, g	146.4	137.6	125.0	132.2
12 - Contenido de Humedad, %	4.24	6.33	8.24	9.76
13 - Promedio de Humedad, %	4.2	6.3	8.2	9.8
14 - Densidad del Suelo Seco, g/cm ³	1.832	1.902	1.899	1.803
15 - Cantidad de agua añadida, cm ³	300	350	400	450



RESULTADOS DE ENSAYO	
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.913 g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.2%

OBSERVACIONES : Muestra Proporcionada e Identificada por el Solicitante.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA

Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

ASTM D1883 - NTP ENSAYO DE CBR (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) DE 339.145 SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA
PROCEDENCIA : Mezcla de suelo con sal Proporción: 30% de SAL
CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00

REGISTRO : Lab.s. 0.006-2016
FECHA : septiembre-2016

MOLDE N°	1		2		3	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	57		25		13	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	9348.5	9872.0	9155.5	9672.0	8836.2	9349.0
PESO DEL MOLDE, g	4983.0	4983.0	4978.0	4978.0	4983.0	4983.0
PESO DEL SUELO HÚMEDO, g	4365.5	4889.0	4177.5	4694.0	3853.2	4366.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2126.0	2142.7	2119.0	2140.2	2132.0	2156.3
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.053	2.282	1.971	2.193	1.807	2.025
DENSIDAD SECA	1.915	1.900	1.835	1.817	1.687	1.668
TARA N°	98		99		163	
TARA + SUELO HÚMEDO	197.9		187.9		195.1	
TARA + SUELO SECO	187.2		177.7		184.7	
PESO DEL AGUA	10.7		10.2		10.4	
PESO DE LA TARA	38.8		38.8		38.8	
PESO DEL SUELO SECO	148.4		138.9		145.9	
% DE HUMEDAD	7.21		7.35		7.13	
% PROMEDIO DE HUMEDAD	7.2	20.10	7.4	20.70	7.1	21.4

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
16/11/2016	03:00 p.m.	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
17/11/2016	03:00 p.m.	1	0.042	1.07	0.60	0.062	1.57	0.88	0.070	1.78	1.00
18/11/2016	03:00 p.m.	2	0.048	1.22	0.69	0.066	1.68	0.94	0.074	1.88	1.05
19/11/2016	03:00 p.m.	3	0.052	1.32	0.74	0.068	1.73	0.97	0.076	1.93	1.08
20/11/2016	03:00 p.m.	4	0.055	1.40	0.79	0.070	1.78	1.00	0.080	2.03	1.14

ABSORCIÓN

MOLDE N°	1	2	3
Peso suelo húmedo. + plato + molde, g	13185.0	13155.0	12850.0
Peso del plato + molde, g	8296.0	8461.0	8484.0
Peso suelo húmedo embebido, g	4889.0	4694.0	4366.0
Peso suelo húm. sin embeber, g	4365.5	4177.5	3853.2
Peso del agua absorbida, g	523.5	516.5	512.8
Peso del suelo seco, g	4072.3	3889.7	3597.8
Absorción de agua, %	12.86	13.28	14.25

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
0.635	0.025		30.2	30.2	1.48	28.4	28.4	1.39	20.4	20.4	1.00
1.270	0.050		65.8	65.8	3.22	46.4	46.4	2.27	35.4	35.4	1.73
1.905	0.075		85.8	85.8	4.20	67.8	67.8	3.32	45.2	45.2	2.21
2.540	0.100	70.3	115.4	115.4	5.65	90.5	90.5	4.43	60.4	60.4	2.96
3.810	0.150		150.9	150.9	7.39	120.4	120.4	5.89	85.6	85.6	4.19
5.080	0.200	105.5	175.6	175.6	8.60	140.4	140.4	6.87	100.5	100.5	4.92
6.350	0.250		195.6	195.6	9.58	165.6	165.6	8.11	122.4	122.4	5.98
7.620	0.300		206.4	206.4	10.10	185.6	185.6	9.09	145.2	145.2	7.11
10.160	0.400		225.6	225.6	11.04	205.5	205.5	10.06	170.2	170.2	8.33
12.700	0.500		231.9	231.9	11.35	217.6	217.6	10.65	185.6	185.6	9.08

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRENSA DIGITAL, MUESTRA PROPORCIONADA E IDENTIFICADA POR EL SOLICITANTE.

ÁREA DEL PISTÓN DE PENETRACIÓN: 20.428cm²

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



Ing. Geiner Alvarado Loper
DIRECTOR



RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

ASTM D1883 - NTP ENSAYO DE CBR (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA
PROCEDENCIA : Mezcla de suelo con sal Proporción: 30% de SAL
CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00
REGISTRO : Lab.s. 0.006-2016
FECHA : septiembre-2016

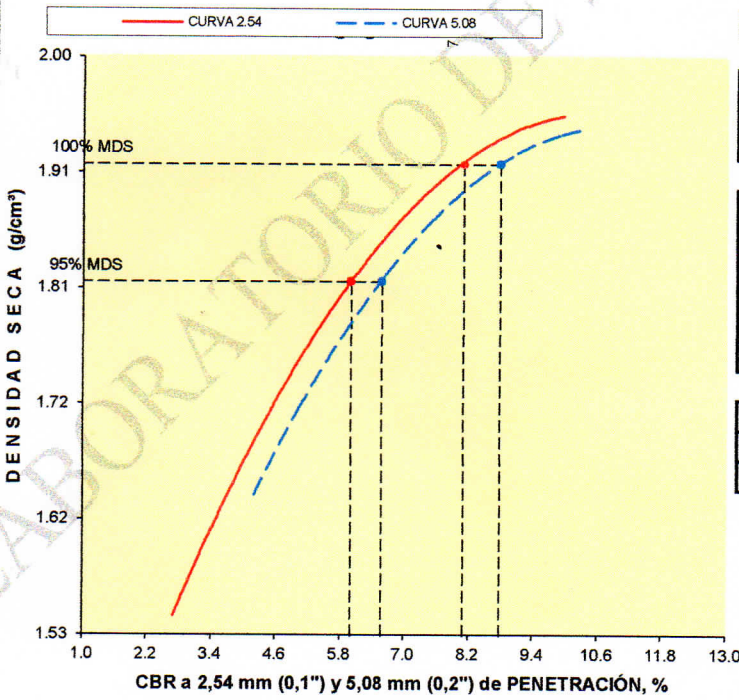
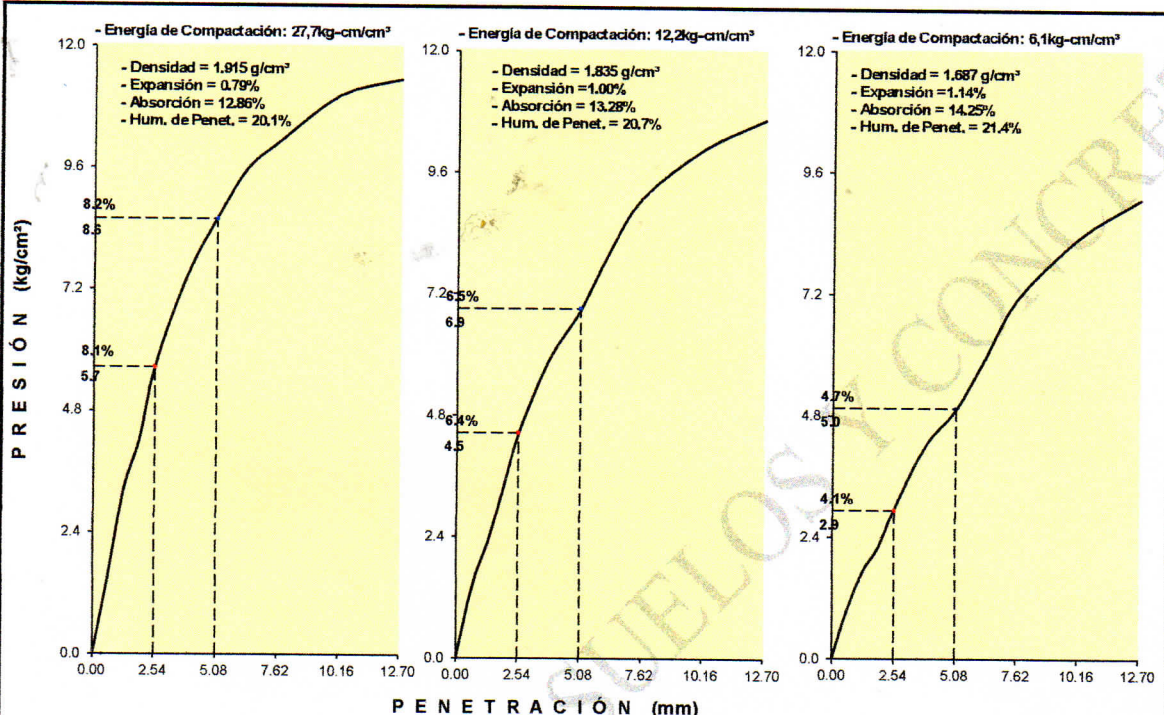


Table with 2 columns: Test Name and Result. Includes Proctor Modified (ASTM D-1557) and CBR (ASTM D-1883) results.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYUNI CHOTA TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

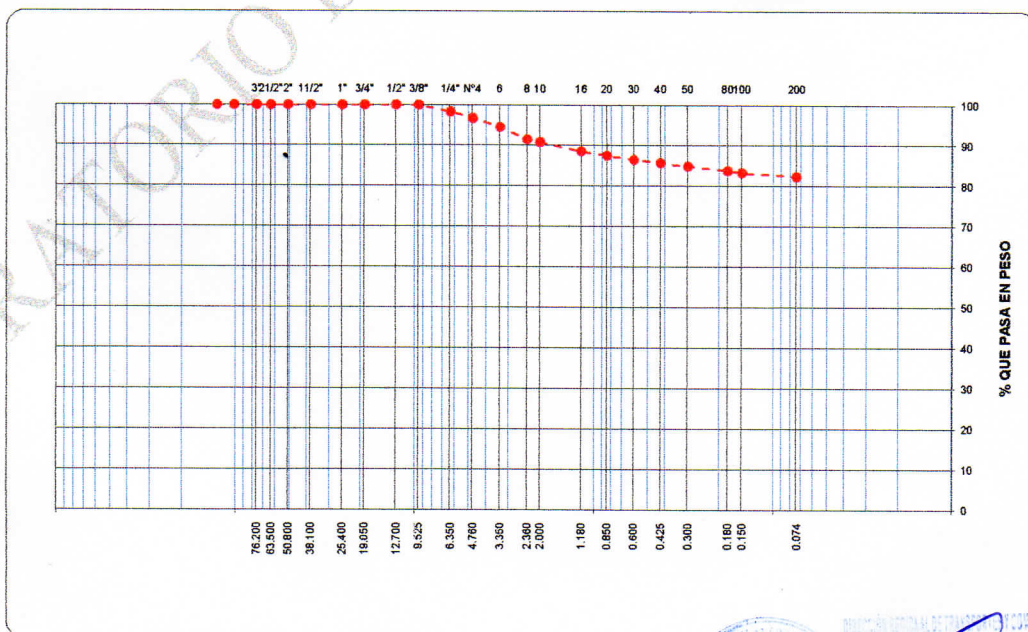
DIRECCIÓN DE CAMINOS
Ing. Geiner Alvarado Lopez DIRECTOR



RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)							
Obra : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRE. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016					Codigo Ensayo N° : 0.007 - 2016		
SOLICINTE: BACH. LIBANY FERNANDEZ RIVA							
Progres: Sector Pucacruz		Calicata: N° 01 / M 01			Ing. Responsable : G. ALVARADO L.		
Material : Mezcla 50% de Sal		Profundidad : 0.00 - 0.00 m		Fecha : 19/09/2016	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.		
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion	Descripcion
5"	127.000	0.0			100.0		1. Peso de Material
4"	101.600	0.0			100.0		Peso Inicial Total (kg) <u>300.0</u>
3"	76.200	0.0			100.0		Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <u>300.0</u>
2 1/2"	63.500	0.0			100.0		
2"	50.800	0.0			100.0		2. Caracteristicas
1 1/2"	38.100	0.0			100.0		Tamaño Maximo
1"	25.400	0.0			100.0		Tamaño Maximo Nominal
3/4"	19.050	0.0			100.0		Grava (%) <u>3.3</u>
1/2"	12.700	0.0			100.0		Arena (%) <u>14.3</u>
3/8"	9.525	0.0			100.0		Finos (%) <u>82.4</u>
1/4"	6.350	5.0	1.7	1.7	98.3		Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.760	4.8	1.6	3.3	96.7		
N° 6	3.350	6.7	2.2	5.4	94.6		3. Clasificacion
N° 8	2.360	9.3	3.0	8.4	91.6		Limite Liquido (%) <u>29.5</u>
N° 10	2.000	2.3	0.8	9.2	90.8		Limite Plastico (%) <u>20.1</u>
N° 16	1.180	6.7	2.2	11.3	88.7		Indice de Plasticidad (%) <u>9.4</u>
N° 20	0.850	3.3	1.1	12.4	87.6		Clasificacion SUCS <u>CL</u>
N° 30	0.600	3.1	1.0	13.4	86.6		Clasificacion AASHTO <u>A-4 (8)</u>
N° 40	0.425	2.7	0.9	14.2	85.8		
N° 50	0.300	2.5	0.8	15.0	85.0		
N° 80	0.180	3.4	1.1	16.1	83.9		
N° 100	0.150	1.5	0.5	16.6	83.4		5. Observaciones (Fuente de Normalizacion)
N° 200	0.074	3.0	1.0	17.6	82.4		Manual de carreteras "Especificaciones Tecnicas Generales para Construccion" (EG-2013)
Pasante		255.6	82.4	100.0			



Observaciones: Muestra procedida de la obra de estabilización de suelos arcillosos mediante adición de cloruro de sodio para uso vias terrestres.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TÉCNICO EN MECANICA DE SUELOS



Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

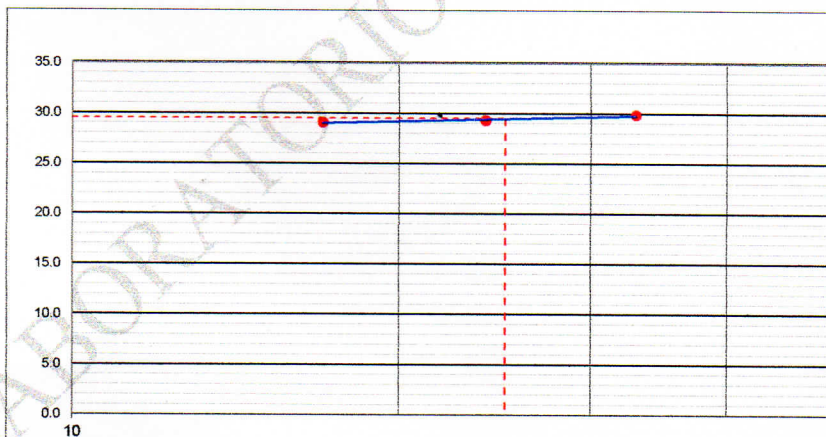
Obra : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRE. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016		Codigo Ensayo N° : 0.007 - 2016
SOLICINTE: BACH. LIBANY FERNANDEZ RIVA		
Progres: Sector Pucacruz	Calicata: N° 01 / M 01	Ing. Responsable : G. ALVARADO L.
Material : Mezcla 50% de Sal	Profundidad : 0.00 ± 0.00 m	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.
		Fecha : 19/09/2016

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		79	124	108	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	35.22	35.72	35.10	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	32.37	32.74	32.22	
Peso de Tarro	gr.	22.57	22.57	22.57	
Peso de Agua	gr.	2.85	2.98	2.88	
Peso del Suelo Seco	gr.	9.80	10.17	9.65	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	29.08	29.30	29.84	29.5
Numero de Golpes		17	24	33	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		51	59	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	14.92	14.75	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	14.36	14.22	
Peso de Tarro	gr.	11.58	11.58	
Peso de Agua	gr.	0.56	0.53	
Peso de Suelo seco	gr.	2.78	2.64	Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	20.14	20.08	20.1



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	29.5
Limite Plastico	20.1
Indice de Plasticidad	9.4
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

Observaciones: Muestra proporcionada por el Solicitante.

Muestra con 30% de sal

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



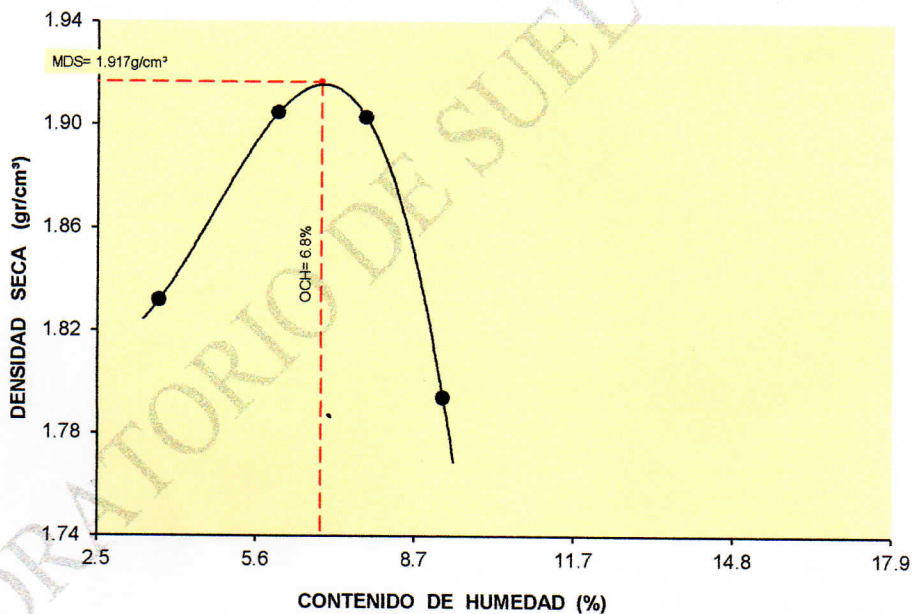
RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

**ASTM D1557 - NTP ENSAYO DE COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO
 339.141 USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m³)**

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
 SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA
 PROCEDENCIA : Mezcla de suelo con sal Proporción: 50% de SAL
 CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00
 REGISTRO : Lab.s. 0.007-2016
 FECHA : septiembre-2016

01 - Peso Suelo Humedo + Molde, g	7290.6	7545.2	7610.5	7415.7
02 - Peso del Molde, g	3248.0	3248.0	3248.0	3248.0
03 - Peso Suelo Humedo , g	4042.6	4297.2	4362.5	4167.7
04 - Volumen del Molde, cm ³	2128.0	2128.0	2128.0	2128.0
05 - Densidad Suelo Humedo, g/cm ³	1.900	2.019	2.050	1.959
06 - Tarro N°	136	27	100	157
07 - Peso suelo humedo + tarro , g	180.2	178.5	187.8	188.6
08 - Peso suelo seco + tarro , g	175.2	170.6	177.2	176.0
09 - Peso del agua , g	5.0	7.9	10.6	12.6
10 - Peso del tarro , g	38.9	38.9	38.9	38.9
11 - Peso suelo seco , g	136.3	131.8	138.4	137.2
12 - Contenido de Humedad, %	3.67	6.00	7.66	9.19
13 - Promedio de Humedad, %	3.7	6.0	7.7	9.2
14 - Densidad del Suelo Seco, g/cm ³	1.832	1.905	1.903	1.794
15.- Cantidad de agua añadida, cm ³	300	350	400	450



RESULTADOS DE ENSAYO	
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.917 g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.8%

OBSERVACIONES : Muestra Proporciónada e Identificada por el Solicitante.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS Y INFRAESTRUCTURA
 PORTUARIA

Ing. Geimer Alvarado Lopez
 DIRECTOR



RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPC

ASTM D1883 - NTP ENSAYO DE CBR (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
 SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA
 PROCEDENCIA : Mezcla de suelo con sal Proporción: 50% de SAL
 CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00
 REGISTRO : Lab.s. 0.007-2016
 FECHA : septiembre-2016

MOLDE N°	9		8		7	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	57		25		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	9320.8	9710.0	9085.5	9500.0	8836.2	9268.0
PESO DEL MOLDE, g	4983.0	4983.0	4939.0	4939.0	4983.0	4983.0
PESO DEL SUELO HÚMEDO, g	4337.8	4727.0	4146.5	4561.0	3853.2	4285.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2126.0	2139.6	2135.0	2155.7	2121.0	2144.6
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.040	2.209	1.942	2.116	1.817	1.998
DENSIDAD SECA	1.912	1.900	1.822	1.804	1.700	1.680
TARA N°	27		102		182	
TARA + SUELO HÚMEDO	183.0		181.8		172.0	
TARA + SUELO SECO	174.0		172.9		163.4	
PESO DEL AGUA	9.0		8.9		8.6	
PESO DE LA TARA	38.9		38.9		38.8	
PESO DEL SUELO SECO	135.2		134.1		124.6	
% DE HUMEDAD	6.66		6.64		6.90	
% PROMEDIO DE HUMEDAD	6.7	16.30	6.6	17.30	6.9	18.9

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
16/11/2016	03:00 p.m.	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
17/11/2016	03:00 p.m.	1	0.038	0.97	0.55	0.062	1.57	0.88	0.070	1.78	1.00
18/11/2016	03:00 p.m.	2	0.040	1.02	0.57	0.064	1.63	0.91	0.072	1.83	1.03
19/11/2016	03:00 p.m.	3	0.042	1.07	0.60	0.066	1.68	0.94	0.076	1.93	1.08
20/11/2016	03:00 p.m.	4	0.045	1.14	0.64	0.068	1.73	0.97	0.078	1.98	1.11

ABSORCIÓN

MOLDE N°	9	8	7
Peso suelo húmedo. + plato + molde, g	13280.0	13005.0	12550.0
Peso del plato + molde, g	8553.0	8444.0	8265.0
Peso suelo húmedo embebido, g	4727.0	4561.0	4285.0
Peso suelo húm. sin embeber, g	4337.8	4146.5	3853.2
Peso del agua absorbida, g	389.2	414.5	431.8
Peso del suelo seco, g	4065.4	3889.8	3604.5
Absorción de agua, %	9.57	10.66	11.98

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE 9			MOLDE 8			MOLDE 7		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
0.635	0.025		35.2	35.2	1.72	30.0	30.0	1.47	20.1	20.1	0.98
1.270	0.050		93.4	93.4	4.57	92.7	92.7	4.54	40.1	40.1	1.96
1.905	0.075		179.5	179.5	8.79	125.8	125.8	6.16	82.3	82.3	4.03
2.540	0.100	70.3	224.1	224.1	10.97	165.6	165.6	8.11	120.5	120.5	5.90
3.810	0.150		267.6	267.6	13.10	205.6	205.6	10.06	169.2	169.2	8.28
5.080	0.200	105.5	301.2	301.2	14.74	235.4	235.4	11.52	186.7	186.7	9.14
6.350	0.250		342.8	342.8	16.78	255.4	255.4	12.50	198.6	198.6	9.72
7.620	0.300		364.9	364.9	17.86	285.7	285.7	13.99	209.9	209.9	10.28
10.160	0.400		375.2	375.2	18.37	302.6	302.6	14.81	227.2	227.2	11.12
12.700	0.500		383.9	383.9	18.79	318.8	318.8	15.61	242.6	242.6	11.88

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRESA DIGITAL, MUESTRA PROPORCIONADA E IDENTIFICADA POR EL SOLICITANTE.
 ÁREA DEL PISTÓN DE PENETRACIÓN: 20.428cm²

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
 CHACHAPOYAS

Ing. Geimer Alvarado Lopez
 DIRECTOR



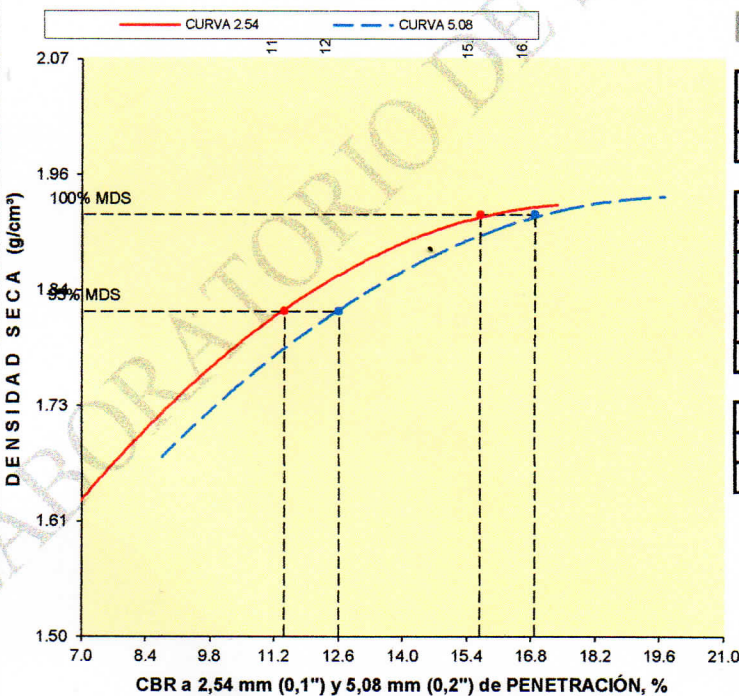
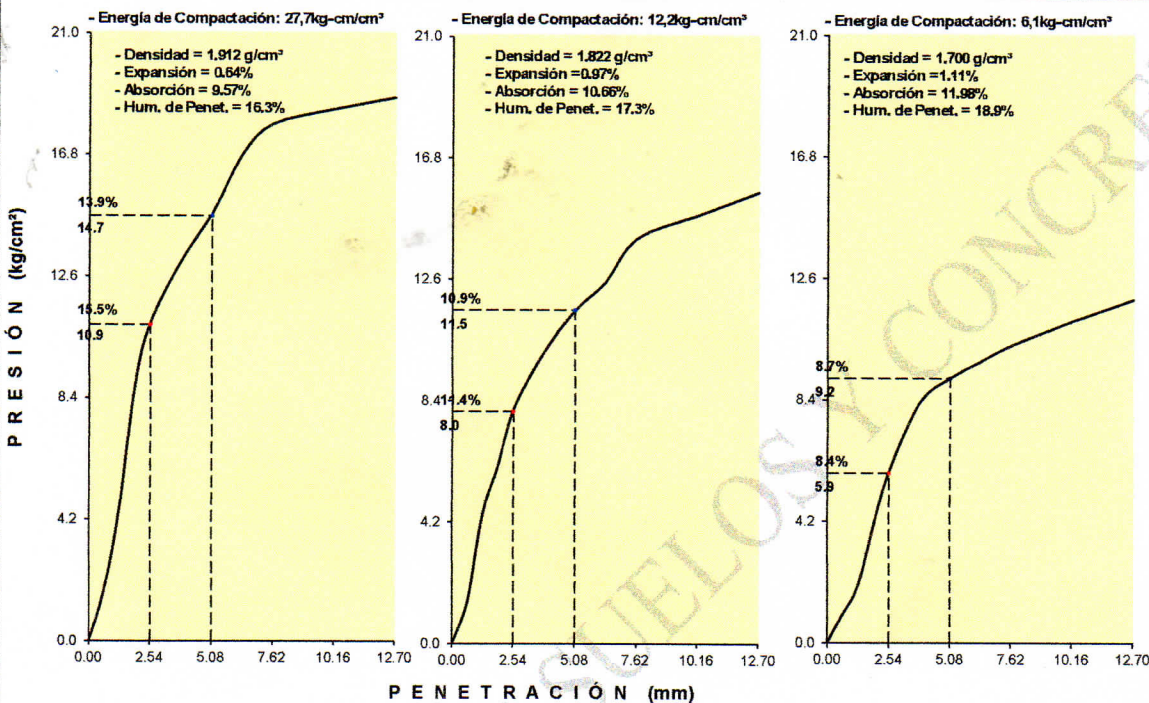
RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

ASTM D1883 - NTP ENSAYO DE CBR (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
 SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA
 PROCEDENCIA : Mezcla de suelo con sal Proporción: 50% de SAL
 CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00

REGISTRO : Lab.s. 0.007-2016
 FECHA : septiembre-2016



RESULTADOS DE ENSAYOS

Proctor Modificado (ASTM D-1557)

- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	1.917
- Óptimo Cont. de Humedad, %	6.8

CBR (ASTM D-1883)

- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	15.7
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	11.4
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	16.9
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	12.6

Caracterización del Suelo

- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-4(8)
- Gravedad Específica	--

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS
 Ing. Geiner Alvarado Lopez
 DIRECTOR



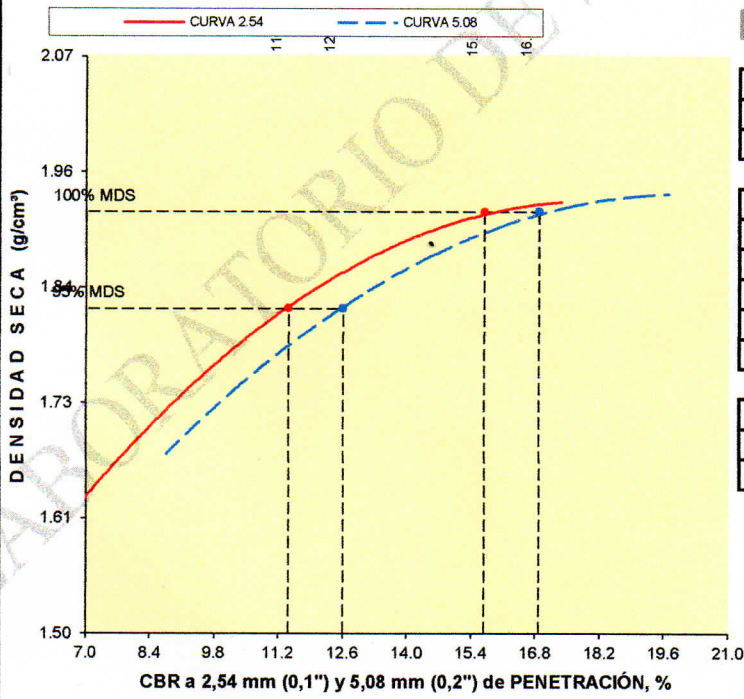
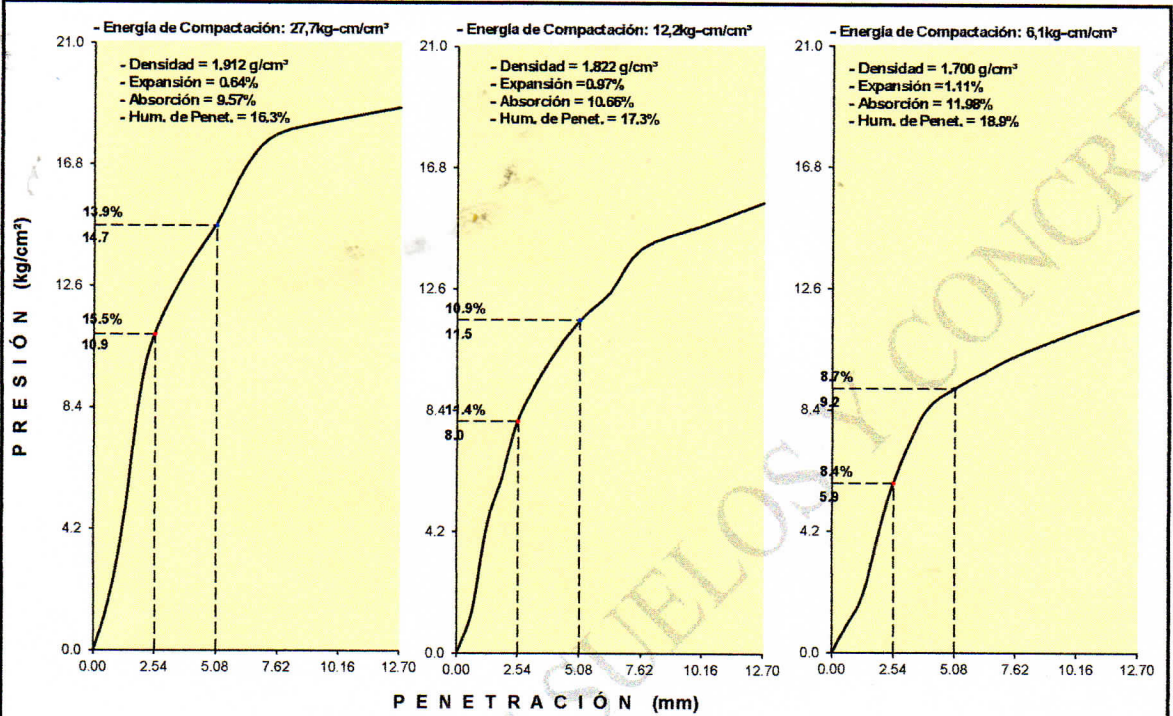
RUC: 20392327747

REGISTRÓ DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

ASTM D1883 - NTP ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO (NaCl) PARA USO VIAS TERRESTRES. ESTUDIO DE CASOS: SUELOS DE CHACHAPOYAS, 2016
 SOLICITANTE : Bach. LIBANY FERNANDEZ RIVA
 PROCEDENCIA : Mezcla de suelo con sal Proporción: 50% de SAL
 CALICATA : C-00 MUESTRA : M-01 PROF. (m) : 0.00 - 0.00

REGISTRO : Lab.s. 0.007-2016
 FECHA : septiembre-2016



RESULTADOS DE ENSAYOS

Proctor Modificado (ASTM D-1557)

- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	1.917
- Óptimo Cont. de Humedad, %	6.8

CBR (ASTM D-1883)

- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	15.7
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	11.4
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	16.9
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	12.6

Caracterización del Suelo

- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-4(8)
- Gravedad Específica	--

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS
Ing. Geiner Avarado Lopez
 DIRECTOR