



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS CON
LA APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO COMO
TÉCNICA DE CONSERVACIÓN VIAL**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

AUTOR: JAMES HERNÁN SERPA OCHOA

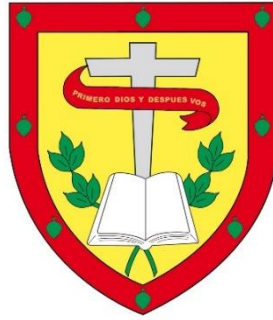
JOSÉ OSWALDO ARÉVALO FERNÁNDEZ

DIRECTOR: MSC. ING. FRANCISCO JOSÉ DARQUEA CÓRDOVA.

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS CON
LA APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO COMO
TÉCNICA DE CONSERVACIÓN VIAL**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

AUTOR: JAMES HERNÁN SERPA OCHOA

JOSÉ OSWALDO ARÉVALO FERNÁNDEZ

DIRECTOR: MSC. ING. FRANCISCO JOSÉ DARQUEA CÓRDOVA.

CUENCA – ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

James Hernán Serpa Ochoa portador de la cédula de ciudadanía N.º 0350149761 y José Oswaldo Arévalo Fernández portador de la cédula de ciudadanía N.º 0302022199. Declaro ser el autor de la obra: “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS CON LA APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO COMO TÉCNICA DE CONSERVACIÓN VIAL”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

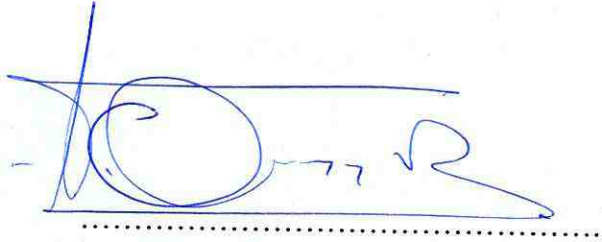
Cuenca, 13 de marzo de 2024

F: 
James Hernán Serpa Ochoa
0350149761

F: 
José Oswaldo Arévalo Fernández
0302022199

Certificación

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por José Oswaldo Arévalo Fernández y James Hernán Serpa Ochoa, bajo mi supervisión.



Ing. José Francisco Darquea Córdova

Director

DEDICATORIA

“El presente trabajo es el reflejo de mi esfuerzo y dedicación a lo largo de mi trayectoria universitaria, el cual no habría sido posible sin la ayuda y apoyo de mi familia y amigos. Por ello deseo dedicarlo a Dios, quien me ha dado la fuerza para seguir adelante en cada uno de los retos universitarios. También a mis padres, quienes han sido un ejemplo de superación a lo largo de este periodo académico, cuyo amor y apoyo incondicional ha sido esencial para cumplir con mis metas académicas.”

James Hernán Serpa Ochoa.

“Con profunda gratitud y amor, dedico este trabajo a Dios, quien ha sido mi guía constante y mi fuente de fortaleza a lo largo de este desafiante viaje académico. A Él le agradezco por su inquebrantable amor y por la sabiduría que ha iluminado mi camino.

A mi amada madre, cuyo amor, sacrificio y apoyo incondicional han sido la luz que ha guiado cada paso de este camino. Tu presencia ha sido mi mayor inspiración y motivación para alcanzar mis metas.

A mi querido padre, aunque ya no esté físicamente presente, le dedico este logro con profundo amor y gratitud. Su sabiduría y ejemplo continúan viviendo en mí, recordándome la importancia de la perseverancia y la dedicación.

A mi esposa e hijo, quienes han sido mi apoyo más sólido y mi mayor motivación. Su amor incondicional y su comprensión han sido mi roca en los momentos difíciles y mi alegría en los momentos de celebración. Este logro es también suyo, y les dedico este trabajo con todo mi corazón.

Con amor y gratitud, dedico esta tesis a Dios, a mi madre, a la memoria de mi padre, y a mi amada esposa e hijo, quienes han sido las personas más importantes en mi vida y cuyo amor y apoyo han hecho posible este logro.”

José Oswaldo Arévalo Fernández.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios por ser mi guía en los momentos más difíciles y por darme la oportunidad de alcanzar este logro; a mis padres Hernán Serpa y Jenny Ochoa por su apoyo y sacrificio en el transcurso de este camino académico; a mis tíos Víctor Ávila y Vilma Ochoa ya que su apoyo fue fundamental para concretar los propósitos trazados a lo largo de mi trayectoria universitaria. Finalmente, a mis amigos, familia, profesores y todas aquellas personas que contribuyeron en mi crecimiento académico y personal para poder cumplir este sueño.

James Hernán Serpa Ochoa.

“Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a Dios, fuente de fortaleza y guía en cada paso de este camino académico. Su infinita sabiduría ha sido mi luz en los momentos de dificultad y mi razón para celebrar cada logro.

A mi madre, mi eterna fuente de inspiración y apoyo incondicional. Tu amor y sacrificio han sido la base sobre la cual he construido mis sueños y alcanzado mis metas. Agradezco a mi esposa por su paciencia, comprensión y aliento constante. Tu presencia ha sido mi motivación diaria, y este logro es tanto tuyo como mío.

A mi hijo, la razón por la que siempre he buscado ser mejor. Tu inocencia y amor han iluminado mis días y me han recordado la importancia de perseverar. Agradezco a mis hermanas y a toda mi familia por su apoyo inquebrantable y por ser mi red de seguridad en cada desafío.

A la Universidad Católica de Cuenca, mi sincero agradecimiento por brindarme la oportunidad de perseguir mis estudios con la ayuda de la beca. Su compromiso con la educación y el desarrollo académico ha sido fundamental en mi crecimiento y formación.

Este logro no habría sido posible sin el respaldo de estas personas y entidades que han sido mi soporte en este viaje. A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento por creer en mí y compartir este logro conmigo.”

José Oswaldo Arévalo Fernández.

1. RESUMEN

El objetivo de este trabajo de titulación es analizar la capacidad de mantener la humedad y el valor de CBR de un suelo no cohesivo con la aplicación de diferentes porcentajes de cloruro de sodio. Para alcanzar este objetivo, se han seguido directrices específicas que conducen a los resultados finales.

En primer lugar, se identificó y adquirió el material de una cantera ubicada en el sector La Paz, parroquia Las Nieves, perteneciente al Cantón Nabón en la Provincia del Azuay. Luego se realizó la caracterización del material, ejecutando los siguientes ensayos: Granulometría, Límites de Atterberg, Corte Directo, Proctor Estándar, Permeabilidad y CBR. Posteriormente se realizaron los ensayos de humedad y CBR con la adición del 0 por ciento, 0.0043 por ciento, 5 por ciento y 10 por ciento de Cloruro de Sodio (NaCl). Además, se realizó el ensayo de Corte Directo con el porcentaje de 5 por ciento, ya que resultó ser el más óptimo al retener la humedad del suelo. Finalmente, se realizó un análisis de costos con la adición de cloruro de sodio.

El valor de CBR con la adición de cloruro de sodio de 0.0043%, 5% y 10% es de 38, 45, 38 respectivamente. Además, los porcentajes de cloruro de sodio más favorables para la retención de humedad a través del tiempo analizado son los del 5% y 10%.

1.1. **PALABRAS CLAVE:** Humedad, CBR, Cloruro de Sodio, Nabón, La Paz.

2. ABSTRACT

This degree project aims to analyze the ability to maintain moisture and the California Bearing Ratio (CBR) value of a non-cohesive soil with the application of different percentages of sodium chloride. In order to achieve this objective, specific guidelines have been followed, leading to the final results.

First, the material was identified and acquired from a quarry in the La Paz sector, Las Nieves parish, belonging to the Nabón Canton in the Azuay Province. The material was then characterized by performing the following tests: Granulometry, Atterberg Limits, Direct Shear, Standard Proctor, Permeability, and CBR. Subsequently, moisture and CBR tests were conducted by adding 0 percent, 0.0043 percent, 5 percent, and 10 percent of Sodium Chloride (NaCl). In addition, a Direct Shear test was performed with a 5 percent since it proved to be the most optimal in retaining soil moisture. Finally, a cost analysis was conducted with the addition of sodium chloride.

The CBR values with the addition of 0.0043%, 5%, and 10% sodium chloride is 38, 45, 38 respectively. Furthermore, the most favorable percentages of sodium chloride for moisture retention over the analyzed time are 5% and 10%.

2.1. **KEY WORDS:** Moisture, CBR, Sodium Chloride, Nabon, La Paz.

ÍNDICE DEL TRABAJO

1. RESUMEN	3
1.1. PALABRAS CLAVE: Humedad, CBR, Cloruro de Sodio, Nabón, La Paz.....	3
2. ABSTRACT	4
2.1. KEY WORDS: Moisture, CBR, Sodium Chloride, Nabon, La Paz.	4
1. CAPITULO I.....	9
1.1. INTRODUCCIÓN	9
1.1.1. CONTEXTO Y RELEVANCIA DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN	9
1.1.2. FORMULACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.2. OBJETIVOS	12
1.2.1. GENERAL	12
1.2.2. ESPECÍFICOS	12
2. CAPÍTULO II REVISION DE LA LITERATURA	13
2.1. ESTADO DEL ARTE.....	13
2.2. MARCO TEÓRICO.....	21
2.2.1. CONCEPTOS BÁSICOS.....	21
2.2.2. NORMATIVA EMPLEADA.....	28
3. CAPÍTULO III – METODOLOGÍA.....	29
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	31
3.1.1. GRANULOMETRÍA	31
3.1.2. LÍMITES DE ATTERBERG	33
3.1.2.1. LÍMITE LÍQUIDO	34
3.1.2.2. LÍMITE PLÁSTICO.....	34
3.1.3. CORTE DIRECTO	35
3.1.4. PROCTOR ESTÁNDAR	35
3.1.5. PERMEABILIDAD	37
3.1.6. CBR.....	38
3.2. ENSAYOS REALIZADOS CON LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO	39
3.2.1. ENSAYO DE HUMEDAD.....	39
3.2.2. ENSAYO CBR.....	39
3.3. COMPARACIÓN DE HUMEDAD Y CBR CON LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO	40
3.3.1. HUMEDAD CON LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO.....	40

3.3.2.	CBR CON LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO	41
4.	CAPÍTULO IV - RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1.	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	42
4.1.1.	GRANULOMETRÍA	42
4.1.1.1.	CLASIFICACIÓN DEL SUELO POR EL MÉTODO SUCS	43
4.1.1.2.	CLASIFICACIÓN DEL SUELO POR EL MÉTODO AASHTO	46
4.1.2.	LÍMITES DE ATTERBERG	46
4.1.2.1.	LÍMITE LÍQUIDO	46
4.1.2.2.	LÍMITE PLÁSTICO.....	47
4.1.2.3.	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	47
4.1.3.	CORTE DIRECTO	48
4.1.4.	PROCTOR ESTÁNDAR.....	48
4.1.5.	PERMEABILIDAD	49
4.1.6.	CBR.....	49
4.2.	ENSAYOS REALIZADOS CON LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO	50
4.2.1.1.	ENSAYO DE HUMEDAD	50
4.2.2.	ENSAYO CBR.....	51
4.2.2.1.	0.0043% DE CLORURO DE SODIO.....	52
4.2.2.2.	5% DE CLORURO DE SODIO	53
4.2.2.3.	10% DE CLORURO DE SODIO	54
4.2.3.	CORTE DIRECTO	54
4.3.	ANÁLISIS DE COSTOS.....	55
4.4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	56
5.	CAPÍTULO V.....	58
	CONCLUSIONES	58
	RECOMENDACIONES.....	59
6.	CAPÍTULO VI - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
7.	ANEXOS	63

ÍNDICE DE IMÁGENES

Ilustración 1: Mapa geológico - Sector La Paz, Cantón Nabón, Provincia del Azuay.....	30
Ilustración 2: Toma de muestra en la zona de estudio.....	30
Ilustración 3: Cuarteo del material.....	32
Ilustración 4: Tamizadora.....	32
Ilustración 5: Granulometría.....	33
Ilustración 6: Límites de Atterberg.....	33
Ilustración 7: Ensayo de Casa Grande.....	34
Ilustración 8: Ensayo de Corte Directo.....	35
Ilustración 9: Especificaciones de la prueba Proctor estándar.....	36
Ilustración 10: Ensayo Proctor Estándar.....	37
Ilustración 11: Permeabilidad.....	38
Ilustración 12: Ensayo CBR.....	38
Ilustración 13: Ensayo de humedad.....	39
Ilustración 14: Ensayo CBR.....	40
Ilustración 15: Curva granulométrica.....	42
Ilustración 16: Método SUCS.....	43
Ilustración 17: Método SUCS.....	44
Ilustración 18: Método SUCS.....	45
Ilustración 19: Método Aashto.....	46
Ilustración 20: Límite líquido.....	47
Ilustración 21: Ensayo de corte directo.....	48
Ilustración 22: Ensayo Proctor Estándar.....	49
Ilustración 23: Ensayo CBR.....	50
Ilustración 24: Humedad con la adición del cloruro de sodio.....	51
Ilustración 25: Ensayo CBR 0.0043% de cloruro de sodio.....	52
Ilustración 26: Ensayo CBR 5% de cloruro de sodio.....	53
Ilustración 27: Ensayo CBR 10% de cloruro de sodio.....	54
Ilustración 28: Ensayo de corte directo.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Revisión de la literatura (Estado del arte).....	13
Tabla 2: Clasificación del ensayo CBR.	23
Tabla 3: Normativa empleada.	28
Tabla 4: Valor de CBR con la adición de cloruro de sodio.	54
Tabla 5: Análisis de resultados.	57

1. CAPITULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de titulación tiene como propósito evaluar la aplicación de Cloruro de Sodio (NaCl) para la retención de humedad y resultados del ensayo CBR en suelos no cohesivos como técnica de conservación vial. Se obtuvieron muestras del suelo con las cuales se realizarán los siguientes ensayos de laboratorio: Granulometría, Límites de Atterberg, Corte directo, Proctor Estándar, Permeabilidad y CBR. Posteriormente se realizaron los ensayos de contenido de humedad y CBR con 0% de NaCl, 0.0043% de NaCl basados en la norma NEVI 12 volumen 6, 5% de NaCl y 10% de NaCl. Además, se realizó el ensayo de Corte Directo con el porcentaje de 5% de NaCl para analizar los cambios en la cohesión del suelo.

1.1.1. CONTEXTO Y RELEVANCIA DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN

La vía en el sector La Paz, parroquia Las Nieves, perteneciente al Cantón Nabón en la Provincia del Azuay, está compuesta por suelo no cohesivo.

En la parroquia Las Nieves existe una población de 1282 habitantes, 605 hombres y 677 mujeres. Que son usuarios permanentes de la red vial de la parroquia (GAD de Las Nieves, 2015).

El Cantón Nabón tiene una superficie de 631.55 km², un total de 562.12 km de vías, lo que corresponde al 9.46% de la red vial provincial. De las cuales 453.85 km son de lastre, el 80.74%; 93.90 km corresponden a vías de tierra, el 16.70% y 14.38 km son de pavimento flexible, el 2.56%. El 11.26% de las vías se encuentran en buen estado, el 74.94% en estado regular y el 13.81% en mal estado. El ancho promedio de la superficie de las vías es 4.80m y el ancho promedio (de borde a borde) es de 5.90m (*Inventario vial provincia del Azuay, 2022*).

La parroquia Las Nieves tiene un total de 107.56 km de vías, lo que corresponde al 19.13% de la red vial cantonal. De las cuales 88.02 km son de lastre, el 81.84%; 19,54 km corresponden a vías de tierra, el 18.16%. El 28.84% de las vías se encuentran en buen estado, el 54.52% en estado regular y el 16.64% en mal estado. El ancho promedio de la superficie de las vías es 4.57m y el ancho promedio (de borde a borde) en la parroquia es de 5.73m (Inventario vial provincia del Azuay, 2022).

Las vías en la región de investigación presentan un bajo flujo de tráfico, donde el único agente "ligante" temporal entre las partículas finas del suelo es el agua, cuya influencia desaparece al evaporarse. Como consecuencia de este fenómeno, las propiedades físicas y mecánicas del suelo experimentan una disminución al perder humedad, dando lugar a la desintegración superficial, la generación de polvo fino y, posteriormente, la manifestación de defectos superficiales tales como baches, ondulaciones y huellas. Estos problemas afectan negativamente la calidad de vida y la transitabilidad de los usuarios. (Quiroz Alcántara, 2020).

La compleja dinámica de los suelos ha impulsado numerosas investigaciones con el propósito de llevar a cabo estudios sistemáticos que gestionen de manera efectiva los factores involucrados en el comportamiento del suelo. Muchos de estos estudios se centran en analizar muestras recreadas en entornos de laboratorio. Esta es una de las principales razones para realizar estos ensayos en laboratorio, los cuales pueden también servir para trabajos futuros (Ciceris & Colorado, 2019).

La adición de cloruro de sodio a los suelos provoca cambios en sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, así como en su apariencia (Ccoecca Roman & Llaguento Paico, 2022). Se han empleado sales asequibles como el cloruro de sodio (NaCl) y el cloruro de calcio (CaCl₂) como opciones de materiales alternativos de bajo costo. Su finalidad reside en la retención de humedad y la mejora de la compactación del material. Además, contribuyen a

disminuir el punto de congelación del agua presente en el suelo, y en áreas extremadamente secas, previenen la evaporación rápida del agua utilizada en el proceso de compactación (Firoozi et al., 2017).

El uso de cloruro de sodio como técnica de estabilización vial se ha utilizado en algunos casos para reparar las propiedades de los suelos no cohesivos. Así también La utilización de cloruro de sodio tiene un impacto sustancial en la estabilización de suelos arenosos, generando una resistencia máxima considerable (Lujan Martinez, 2022a).

1.1.2. FORMULACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La delimitación corresponde a la incapacidad de obtener un material cercano a la zona de estudio con mejores características al obtenido en los depósitos sedimentarios existentes en la vía La Paz - Trigopamba, en el Cantón Nabón, parroquia Las Nieves. Por esta razón se busca mejorar las características del suelo usado por diferentes métodos. El problema principal de este es su baja retención de humedad a través del tiempo, lo que ocasiona que se levante polvo, afectando a largo plazo a los habitantes de la zona. En este caso se analiza el comportamiento del suelo con la adición de cloruro de sodio en grano diluido en agua, específicamente la variación del porcentaje de humedad y el valor del CBR a lo largo de un mes.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. GENERAL

Evaluar la influencia del cloruro de sodio en la humedad y CBR de un suelo no cohesivo.

1.2.2. ESPECÍFICOS

- Caracterizar el suelo no cohesivo perteneciente al Cantón Nabón, sector La Paz, parroquia Las Nieves.
- Realizar los ensayos de humedad y CBR con la adición del porcentaje de cloruro de sodio en grano diluido en agua recomendado por la norma NEVI 12 volumen 6 y con los porcentajes propuestos del 5% y 10% respecto al peso seco del material.
- Realizar una comparación de los resultados de los ensayos del suelo natural y del suelo con la adición de cloruro de sodio.

2. CAPÍTULO II REVISION DE LA LITERATURA

2.1. ESTADO DEL ARTE

A continuación, se presentan documentos de trabajos que se han realizado a lo largo del tiempo, estos están relacionados con este trabajo de titulación.

Tabla 1: *Revisión de la literatura (Estado del arte).*

Fuente: *Elaboración propia.*

Cita	Título	Ensayos elaborados	Porcentaje de cloruro de sodio	Resultados obtenidos
(Ramos Carreño, 2018)	“Influencia del cloruro de sodio en las propiedades mecánicas del suelo granular de la cantera de	Contenido de humedad, análisis granulométrico, límites de Atterberg, clasificación de suelos	0%, 10%, 15%, 25%, 35%.	A mayor adición de porcentaje de cloruro de sodio, el contenido de humedad óptimo va decreciendo. El CBR del material granular experimentó

Sencca-Poroy” (Ramos Carreño, S.U.C.S, ensayo de Proctor 2018). Modificado y ensayo CBR

un aumento notable hasta alcanzar el 51.2%, logrado con una adición del 15% de NaCl en su nivel óptimo, lo cual corrobora que el NaCl mejora las características mecánicas del suelo granular. (Ramos Carreño, 2018).

**(Lujan
Martinez,
2022a)**

“Aplicación del cloruro de sodio en la estabilización de suelos arenosos, carretera Curibamba – Pacaybamba, distrito de Mariscal Castilla – Concepción” (Lujan Martinez, 2022b).

Análisis granulométrico, límites de Atterberg, clasificación de suelos S.U.C.S, Método para 5%. clasificación de suelos para uso en vías, ensayo Proctor Modificado y ensayo CBR

La aplicación de cloruro de sodio tiene un efecto sustancial del 85% en la estabilización de suelos arenosos, brindando una resistencia máxima en la construcción de carreteras. De manera adicional, el cloruro de sodio contribuye a aumentar en un 54% las propiedades mecánicas del suelo arenoso. (Lujan Martinez, 2022a).

(Cuya Calderón & Paco Ayuque, 2021)	<p>“Aplicación de agua salina en la modificación de los parámetros geotécnicos de suelos no cohesivos en Villa El Salvador, Chilca y Asia – Lima” (Cuya Calderón & Paco Ayuque, 2021).</p>	<p>Ensayo de compresión triaxial consolidado no drenado y ensayo CBR. 3.56%, 3.48%, 3.36%.</p>	<p>Los valores de la cohesión, ángulo de fricción, y compresión triaxial se incrementan en un 48% y en el CBR en un 7% (Cuya Calderón & Paco Ayuque, 2021).</p>
(Valdivia Zeballos, 2022)	<p>“Aplicación del cloruro de sodio en las propiedades del material de afirmado para la carretera vecinal EMP.MO 534 El Hueso, Ilo-Moquegua, 2021” (Valdivia Zeballos, 2022).</p>	<p>Límites de Atterberg y CBR. 2%, 6% y 10%.</p>	<p>Adoptando una proporción óptima del 10% de NaCl, Se nota una optimización en las características físicas del suelo., evidenciada por la reducción del %LL de 37.999% a 35.804%, del %LP de 31.494% a 31.222%, y del %IP de 6.504% a 4.583%. Asimismo, se aprecian mejoras en las características mecánicas, reflejadas en un aumento de la Masa Específica Seca</p>

**(Cochachin
Mendoza,
2018)**

“Estabilización y durabilidad de sub base usando la cantera de Challhua con adición de cloruro de sodio en 2, 4 y 6% - Huaraz – 2017” (Cochachin Mendoza, 2018).

Granulometría, límites de Atterberg, proctor modificado y CBR.

2%, 4% y 6%.

(M.D.S.) de 1.940 a 2.027 gr/cm³, una reducción del Contenido de Humedad Óptima (O.C.H.) de 6.56% a 5.83%, un aumento del CBR al 100% de 36.830% a 49.190%, y un aumento en la resistencia a la compresión a 14 días de 9.772 a 15.585 kg/cm² (Valdivia Zeballos, 2022).

La inclusión de cloruro de sodio en una proporción del 2% resultó en un aumento del 3,1% en el Índice de Soporte Californeano (CBR) en comparación con la condición estándar, lo que indica un fortalecimiento de la resistencia. Además, en la evaluación de durabilidad, se observaron tasas de pérdida del 9,364% y

(Luna Enriquez & Yzaguirre Caballero, 2019) “Estabilización de la red vial vecinal AN-873 - 0+000 al 2+400 km con cloruro de sodio proveniente del agua de mar, Santa, Santa, Áncash – 2019” (Luna Enriquez & Yzaguirre Caballero, 2019).

Granulometría, contenido de humedad, Proctor Modificado, CBR, límites de Atterberg 5% y 7%.

5,56% para el agregado grueso y fino, respectivamente, demostrando así una notable resistencia al desgaste del material (Cochachin Mendoza, 2018).

La inclusión de un 5% de NaCl en la muestra resultó en un valor de CBR de 16.06, mientras que la muestra con un 7% registró un valor de 7.55. Al comparar estos resultados con el valor CBR de la muestra estándar sin aditivos, se observa un aumento en la capacidad de soporte del suelo al agregar un 5% de NaCl. Sin embargo, se obtuvo un resultado desfavorable al incorporar un 7%, lo que condujo a una disminución en la capacidad

<p>(Ñahui Velasque & Vallejos Ccoicca, 2021)</p>	<p>“Aplicación de aditivo químico cloruro de sodio para la conservación de la carretera departamental HV116 tramo km 59.914 – km 60.914, Huancavelica – 2020” (Ñahui Velasque & Vallejos Ccoicca, 2021).</p>	<p>Granulometría, límites de Atterberg, densidad seca máxima, CBR</p> <p>2%, 4% y 6%.</p>	<p>de soporte (Luna Enriquez & Yzaguirre Caballero, 2019).</p> <p>La aplicación de aditivo químico cloruro de sodio en concentraciones del 2%, 4% y 6% demuestra ser beneficiosa para las propiedades físicas y mecánicas del suelo, contribuyendo así a la preservación de la carretera. (Ñahui Velasque & Vallejos Ccoicca, 2021).</p>
<p>(Reyes Ortiz et al., 2006)</p>	<p>“Uso de Cloruro de Sodio en bases granulares” (Reyes Ortiz et al., 2006).</p>	<p>CBR, compresión simple y compresión diametral.</p> <p>2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12% y 15%.</p>	<p>Se identificó un aumento de la resistencia (CBR) en un factor de 9 al agregar un 15% de NaCl; se observó un incremento del 100% en la resistencia a la compresión con un 8% de NaCl, pero se registró una</p>

<p>(Roldán de Paz, 2010)</p>	<p>“Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases” (Roldán de Paz, 2010).</p>	<p>Granulometría, Ensayo Proctor modificado, Límites de Atterberg, Ensayo CBR, Ensayo triaxial.</p>	<p>2%, 4% y 6%.</p>	<p>disminución en la resistencia a la tracción para todos los niveles de adición. (Reyes Ortiz et al., 2006).</p> <p>La introducción de cloruro de sodio en el suelo conlleva un aumento en la densidad seca máxima y una disminución de la humedad óptima. Se logran resultados positivos en los porcentajes de CBR, observándose un aumento con porcentajes de NaCl no superiores al 2% en condiciones críticas (Roldán de Paz, 2010).</p>
<p>(Luis Aron, 2021)</p>	<p>“Análisis comparativo de estabilización para el mejoramiento de subrasante entre el uso del cloruro de sodio y el</p>	<p>Granulometría, contenido de humedad, Límites de Atterberg, Ensayo Proctor</p>	<p>2%, 6%, 10% y 15%.</p> <p>La dosificación óptima de cloruro de sodio al 6% mejora significativamente las propiedades del suelo, logrando un CBR del 44% a 95% de compactación, máxima</p>	

sistema Consolid en zonas estándar, Ensayo Proctor urbanas no pavimentadas de la modificado y CBR. urbanización el Parral del distrito de la Victoria, 2020” (Luis Aron, 2021).

densidad seca de 1.882 g/cm³ y contenido de humedad óptimo del 12.73% (Luis Aron, 2021).

Como se observa en los documentos investigados de los autores: (Valdivia Zeballos y Roussely Jhojahira); (Royal Cochachin); (Bosco Ñahui y César Vallejos); (Oscar Reyes, Javier Tauta y Juan Rivera); (Jairon Roldán) y (Luis Chamba). Los cuales analizan el valor del CBR con los porcentajes de 2% y 6% de NaCl, dando como resultado que a mayor porcentaje de cloruro de sodio aumenta el valor del CBR y también Se muestra beneficioso para las propiedades físicas y características mecánicas del suelo. De igual manera se observan en los documentos de los autores: (Max Lujan) y (Very Luna y Breiner Yzaguirre) Los cuales analizan el valor del CBR con el porcentaje de 5% de NaCl. Finalmente, en el documento de (Edward Ramos) se observa que, de los porcentajes analizados de NaCl, resulta más óptimo el valor intermedio de 15%, dando un mayor valor de CBR.

El aporte de este trabajo de titulación es que además de analizar el valor del CBR también se estudia la Cambios en el contenido de humedad de la muestra de suelo durante un mes, esto con diferentes porcentajes de NaCl. Otra contribución de este trabajo es que además de los porcentajes de NaCl propuestos, también se usó el porcentaje recomendado por la norma NEVI 12 volumen 6, algo que no se considera en los documentos investigados mencionados anteriormente.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. CONCEPTOS BÁSICOS

A continuación, se presentan los conceptos utilizados en este trabajo de titulación.

Suelos no cohesivos: “Los suelos no cohesivos son aquellos que carecen de cohesión entre sus partículas, lo que significa que no tienen la capacidad de retener agua ni mantener su forma sin la ayuda de una estructura externa. Estos suelos están compuestos principalmente por partículas sueltas como arena, gravilla y limo, y su comportamiento está influenciado principalmente por la fricción y la gravedad” (Braja, 2014).

Cloruro de sodio: “El cloruro de sodio en grano se refiere a la presentación sólida y granular del compuesto químico conocido como sal de mesa o sal común. El cloruro de sodio en grano es ampliamente utilizado en diversas aplicaciones, como la industria alimentaria, la desinfección, la conservación vial y la fabricación de productos químicos” (Thomas F et al., 2004).

Estabilización del suelo: “Es un proceso que implica modificar las propiedades de ingeniería del suelo en el lugar o al tomarlo, buscando un costo más reducido y una mayor calidad en el control del proceso” (Braja, 2014).

Granulometría: “La granulometría se refiere al estudio y análisis de la distribución de los tamaños de partículas en un suelo o material granular. Es una propiedad fundamental en la caracterización de los suelos y se utiliza para determinar la composición y la textura del material” (Braja, 2014).

Humedad: “Humedad es agua que está impregnando un cuerpo o que, vaporizada, se mezcla con el aire” (Fernández Curotto, 2008).

CBR (California Bearing Ratio): “El ensayo CBR mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas” (Joseph E, 1981).

“El valor de CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente con fines de utilización con base y sub rasante bajo pavimentos de carreteras y aeropistas. La siguiente tabla da clasificaciones típicas” (Joseph E, 1981).

Tabla 2: *Clasificación del ensayo CBR.***Fuente:** *(Joseph E, 1981).*

Usos	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	
	Unificado	AASHTO
Subrasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
Subrasante	OH, OH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
Sub-base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
Base, sub-base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Límites de Atterberg: “El punto en el cual el suelo transita de un estado sólido a semisólido se denomina límite de contracción (SL). El contenido de agua en el punto de transición de estado semisólido a estado plástico se identifica como límite plástico (LP); mientras que el límite líquido (LL) establece la frontera entre el estado plástico y el estado líquido. Estos puntos también son reconocidos como los límites de Atterberg” (Gaibor Tacuri, 2021).

Ensayo de corte directo: “El ensayo de corte directo es una prueba de laboratorio utilizada en la ingeniería geotécnica para determinar la resistencia al corte de un suelo. Este ensayo se realiza aplicando un esfuerzo cortante directo sobre una muestra de suelo y midiendo la resistencia que ofrece al ser cortado” (Crespo, s. f.).

Ensayo Proctor estándar: “El objetivo está orientado en la determinación de aquellos parámetros óptimos de compactación. Se usará este método en las ocasiones en las cuales se requiera menor trabajo lo cual simula la utilización de equipo liviano en la construcción del proyecto. Determina la humedad óptima con una energía de compactación transmitida para conseguir la densidad seca máxima que se logra alcanzar de un material” (Cárdenas Eras & Arias Duy, 2022).

Permeabilidad: “La permeabilidad se define como la capacidad de un material de permitir que un fluido pase a través de él, sin alterar su estructura interna. Las pruebas de laboratorio cuantifican la permeabilidad de manera directa mediante un dispositivo denominado

permeámetro. Este equipo consta de una celda destinada a albergar la muestra de suelo y un sistema de inyección de agua” (Sarmiento Espinoza, 2017).

Densidad Seca: “Se refiere a la relación entre la masa de los sólidos del suelo y el volumen total ocupado por dichos sólidos y los vacíos presentes en el suelo. La densidad seca se expresa típicamente en unidades de masa por unidad de volumen, como kg por metro cúbico (kg/m^3) o gramos por centímetro cúbico (g/cm^3). Es importante destacar que la densidad seca puede variar dependiendo de la humedad del suelo y su grado de compactación” (Braja, s. f.-b).

Humedad de compactación: “La humedad de compactación, también conocida como contenido de humedad óptimo, se refiere al nivel de humedad adecuado en el que un suelo debe encontrarse durante el proceso de compactación para lograr la máxima densidad seca y, por ende, la máxima resistencia y estabilidad” (Braja, s. f.-b).

Capacidad portante última: “La capacidad portante última se refiere a la máxima carga que un suelo puede soportar antes de experimentar un colapso o una falla en términos de resistencia estructural. Es un parámetro importante en la ingeniería geotécnica, ya que determina la capacidad de un suelo para soportar estructuras y cargas aplicadas” (Braja, s. f.-b).

Capacidad portante admisible: “La capacidad portante admisible se refiere a la carga máxima que se puede aplicar a un suelo sin que ocurra una falla o asentamiento excesivo, considerando un factor de seguridad adecuado. Es un parámetro utilizado en el diseño de cimentaciones y estructuras para garantizar la estabilidad y evitar problemas como hundimientos o deformaciones excesivas” (Braja, s. f.-a).

Ángulo de fricción interna: “El ángulo de fricción interna, también conocido como ángulo de rozamiento interno, es un parámetro utilizado en la mecánica de suelos y la ingeniería

geotécnica para describir la resistencia al deslizamiento o la capacidad de un suelo para soportar cargas laterales” (Braja, s. f.-a).

Cohesión: “La cohesión es una propiedad mecánica de los suelos que se refiere a su capacidad para resistir la deformación y el deslizamiento interno bajo esfuerzos cortantes. Es una medida de la fuerza de atracción entre las partículas del suelo, que se debe principalmente a las fuerzas de cohesión causadas por la presencia de agua y la interacción entre las partículas” (Braja, s. f.-a).

Dosificación de cloruro de sodio según la NEVI 12 volumen 6:

“La dosis de sal se expresa en porcentaje respecto al peso seco del material” (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2013).

“1) Sal totalmente disuelta: La dosis a aplicar se recomienda determinar mediante la siguiente ecuación: **Dosis de sal (%) = % Finos bajo malla 200 / 24**” (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2013).

“2) Sal parcialmente disuelta: La dosis a aplicar se determina de la misma manera que para la sal totalmente diluida. La fracción de sal disuelta se resta a la total, y el resto (sal a granel) se debe aumentar su dosis multiplicándola por 4” (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2013).

“3) Sal totalmente a granel: La dosis será obtenida de: **Dosis de sal (%) = 4 * (% Finos bajo malla 200/24)**” (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2013).

“Disolución de la Sal. Puede utilizarse cualquier procedimiento y equipamiento que permita la disolución de la Sal y logre una mezcla homogénea. En caso de no disponer del equipamiento necesario para producir una salmuera homogénea, se puede hacer una salmuera

con menos concentración de Sal. En este caso, la dosis de sal a granel deberá aumentarse” (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2013).

“Colocación de la Sal. Existen dos modalidades, agregarla total o parcialmente disuelta en el agua de compactación, o totalmente a granel para incorporarla a la capa de rodadura. Cuando sea posible, emplear la primera opción” (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2013).

“El ideal es incorporarla completamente disuelta. No siempre es posible debido a que en algunos casos puede existir humedad presente en el material de capa de rodadura previo a agregar el agua de compactación por lo que disminuye la cantidad de agua necesaria para llevarlo a la humedad óptima. En tal caso, se deberá agregar la sal restante (no posible de disolver) a granel, mezclarla con los constituyentes de la capa de rodadura granular y luego agregar la salmuera para llegar a la humedad óptima” (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2013).

Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS):

“La forma original de este sistema fue propuesto por Casagrande en 1948 para su uso en los trabajos de construcción del aeródromo realizado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la Segunda Guerra Mundial. En colaboración con el U.S. Bureau of Reclamation, este sistema fue revisado en 1952. En la actualidad, es ampliamente utilizado por los ingenieros (Norma ASTM D-2487). El Sistema Unificado de Clasificación clasifica los suelos en dos grandes categorías” (Braja, 2014):

“1. Suelos de grano grueso que son de grava y arena en estado natural con menos de 50% que pasa a través del tamiz núm. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de G o S. G es para el suelo de grava o grava, y S para la arena o suelo arenoso” (Braja, 2014).

“2. Suelos de grano fino con 50% o más que pasa por el tamiz núm. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de M, que es sinónimo de limo inorgánico, C para la arcilla inorgánica y O para limos orgánicos y arcillas. El símbolo Pt se utiliza para la turba, lodo y otros suelos altamente orgánicos” (Braja, 2014).

Otros símbolos que también se utilizan para la clasificación son:

- W: bien clasificado
- P: mal clasificado
- L: baja plasticidad (límite líquido menor de 50)
- H: alta plasticidad (límite líquido mayor de 50)

Sistema de clasificación de suelos Aashto:

“Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Ha sido objeto de varias revisiones, con la actual versión propuesta por la Comisión de Clasificación de Materiales para los Tipos de Carreteras Subrasantes y Granulares de la Junta de Investigación de Carreteras en 1945 (Norma ASTM D-3282; método AASHTO M145)” (Braja, 2014).

“De acuerdo con este sistema el suelo se clasifica en siete grupos principales: A-1 a A-7. Los suelos que clasifican en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz núm. 200. Los suelos donde más de 35% pasa a través del tamiz núm. 200 se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7” (Braja, 2014).

2.2.2. NORMATIVA EMPLEADA

A continuación, se presentan las normativas utilizadas para los procedimientos y reglamentos de cada uno de los ensayos realizados (Joseph E, 1981).

Tabla 3: *Normativa empleada.*

Fuente: *Elaboración propia.*

Ensayo	Normativa empleada
Granulometría	ASTM C136
Limites de Atterberg	ASTM D4318
Corte directo	ASTM D3080-72
Proctor Estándar	AASHTO T99-70 (ESTANDAR)
Permeabilidad	ASTM D2434-68
CBR (California Bearing Ratio)	ASTM D1883-73
Contenido de humedad	ASTM D2216-71 (Normas ASTM parte 19)

3. CAPÍTULO III – METODOLOGÍA

Para el tema de estudio se tomó la muestra de suelo del sector La Paz, parroquia Las Nieves, perteneciente al Cantón Nabón en la Provincia del Azuay. El suelo es no cohesivo y el mismo se obtuvo de la cantera ubicada en la carretera, en las coordenadas 704229.868 Este y 9632648 Norte, de la misma se obtiene el material que se coloca en la vía.

Ilustración 1: Mapa de ubicación - Sector La Paz, Cantón Nabón, Provincia del Azuay.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 1: Mapa geológico - Sector La Paz, Cantón Nabón, Provincia del Azuay.

Fuente: Elaboración propia.

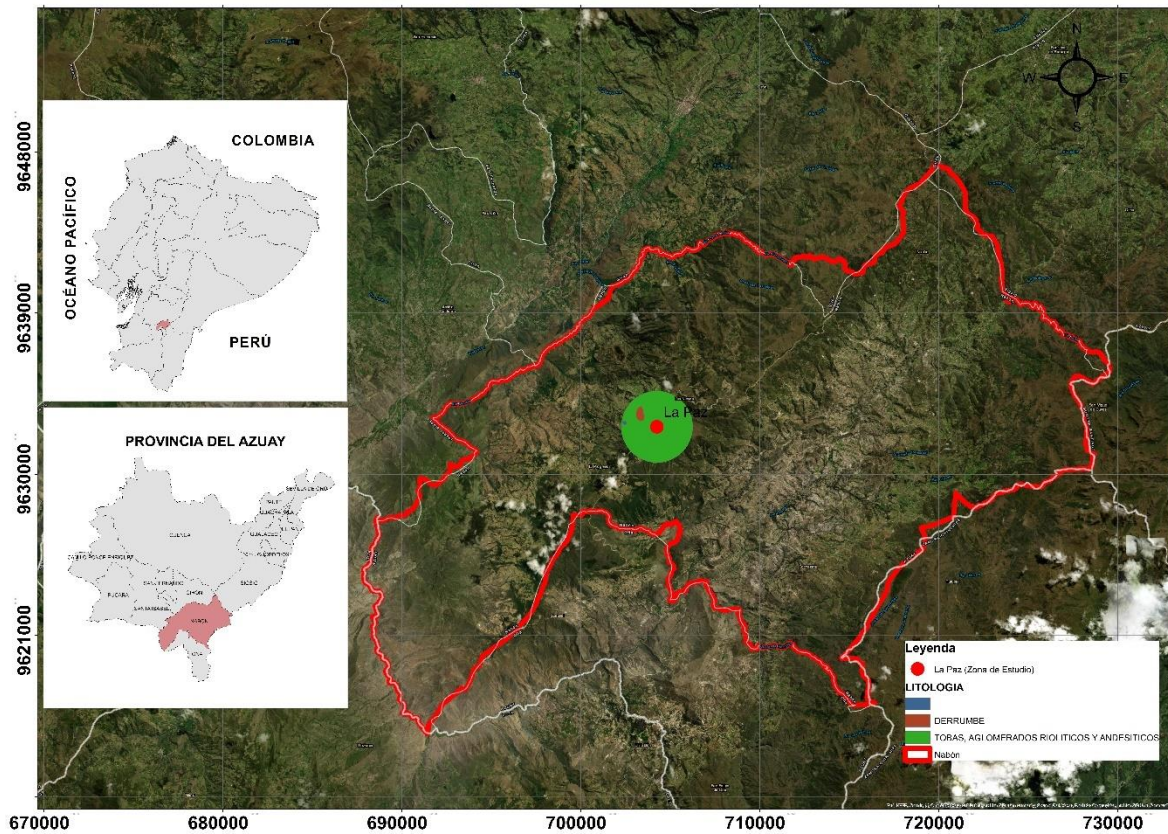


Ilustración 2: Toma de muestra en la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia.



A continuación, se realiza la caracterización del material, ejecutando los siguientes ensayos: Granulometría, Límites de Atterberg, Corte Directo, Proctor Estándar, Permeabilidad y CBR. Posteriormente se realizan los ensayos de humedad y CBR con la adición del 0%, 0.0043%, 5% y 10% de Cloruro de Sodio (NaCl).

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

Para realizar la caracterización del suelo estudiado se realizaron los siguientes ensayos: Granulometría, Límites de Atterberg, Corte Directo, Proctor Estándar, Permeabilidad y CBR; para esto se han seguido los pasos y las recomendaciones de diferentes normativas para cada uno de los mismos.

3.1.1. GRANULOMETRÍA

Este método de ensayo se utiliza principalmente para determinar la clasificación de los materiales propuestos para su uso como agregados. La granulometría se realizó siguiendo los pasos y recomendaciones de la normativa ASTM C136. Como primer paso se cuarteó el material. Posteriormente se tomó una muestra de 12705,5 *gramos*. Esta muestra se colocó en la tamizadora con los tamices de diámetros: 3", 2", $1\frac{1}{2}$ ", 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N^o 4, N^o 10, N^o 40 y N^o 200. Con estos resultados se obtuvo la curva granulométrica del suelo estudiado.

Ilustración 3: Cuarteo del material.

Fuente: *Elaboración propia.*

**Ilustración 4: Tamizadora.**

Fuente: *Elaboración propia.*



Ilustración 5: Granulometría.

Fuente: *Elaboración propia.*

**3.1.2. LÍMITES DE ATTERBERG**

El ensayo de los límites de Atterberg se realizó siguiendo los pasos y recomendaciones de la normativa ASTM D4318. Para este se usó material que pasa por el tamiz N° 40.

“El contenido de humedad en el punto de transición del estado semisólido al estado plástico es el límite plástico, y del estado plástico al estado líquido es el límite líquido. Estos límites son también conocidos como límites de Atterberg” (Braja, 2014).

Ilustración 6: Límites de Atterberg.

Fuente: *Elaboración propia.*



Ilustración 7: *Ensayo de Casa Grande.*

Fuente: *Elaboración propia.*



3.1.2.1. LÍMITE LÍQUIDO

“Para la obtención del límite líquido se realiza el ensayo de casa grande. Se coloca una pasta de suelo en la copa y se hace un corte en el centro de la pasta de suelo, usando la herramienta de ranurado estándar. Entonces la copa se eleva con la leva accionada por la manivela y se deja caer desde una altura de 10 mm” (Braja, 2014).

“El contenido de humedad, en porcentaje, necesario para cerrar una distancia de 12.7 mm a lo largo de la parte inferior de la ranura después de 25 golpes se define como el límite líquido” (Braja, 2014).

3.1.2.2. LÍMITE PLÁSTICO

“El límite plástico se define como el contenido de humedad, en porcentaje, en el que el suelo al enrollarse en hilos de 3.2 mm de diámetro se desmorona. El límite plástico es el límite inferior del escenario plástico del suelo. La prueba es simple y se realiza mediante rodados repetidos por parte de una masa de tierra de tamaño elipsoidal sobre una placa de vidrio esmerilado” (Braja, 2014).

3.1.3. CORTE DIRECTO

El ensayo de Corte Directo se realizó siguiendo los pasos y recomendaciones de la normativa ASTM D3080-72. Para este se usaron muestras remoldeadas del suelo. “El equipo de prueba consiste en una caja de corte de metal en la que se coloca la muestra de suelo. El tamaño de las muestras utilizadas generalmente es alrededor de 20 a 25 cm² de sección transversal y de 25 a 30 mm de altura. La caja se divide horizontalmente en dos mitades. La fuerza cortante se aplica moviendo una mitad de la caja con respecto a la otra para provocar una falla en la muestra de suelo” (Braja, 2014).

Ilustración 8: *Ensayo de Corte Directo.*

Fuente: *Elaboración propia.*



3.1.4. PROCTOR ESTÁNDAR

El ensayo Proctor Estándar se realizó siguiendo los pasos y recomendaciones de la normativa ASTM D-698. “En la prueba Proctor, el suelo se compacta en un molde que tiene un volumen de 929.374 cm³. El diámetro del molde es 10.10 cm. Durante la prueba de laboratorio el molde se une a una placa de base en la parte inferior y a una extensión en la parte superior. El suelo se mezcla con cantidades variables de agua y luego es compactado en tres capas iguales por un martillo que entrega 56 golpes a cada capa. El martillo pesa 24.4 N” (Braja, 2014).

A continuación, se observan las especificaciones usadas para el desarrollo del ensayo, pertenecientes al método C.

Ilustración 9: *Especificaciones de la prueba Proctor estándar.*

Fuente: (Braja, 2014).

Elemento	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101,6 mm	101,6 mm	152,4 mm
Volumen del molde	943,3 cm ³	943,3 cm ³	2124 cm ³
Peso del martillo	24,4 N	24,4 N	24,4 N
Altura de la caída del martillo	304,8 mm	304,8 mm	304,8 mm
Número de golpes de martillo por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	3	3	3
Energía de compactación	591,3 kN-m/m ³	591,3 kN-m/m ³	591,3 kN-m/m ³
Suelo utilizado	Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.57 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es retenido en el tamiz núm. 4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz núm. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm

Ilustración 10: Ensayo Proctor Estándar.

Fuente: *Elaboración propia.*

**3.1.5. PERMEABILIDAD**

El ensayo de permeabilidad se realizó siguiendo los pasos y recomendaciones de la normativa ASTM D2434-68. Para este se usó material que pasa por el tamiz N° 4. Se usó un permeámetro de carga constante en el cual el flujo vertical de agua a través de una probeta es laminar.

No se pudo determinar el coeficiente de permeabilidad debido a que, al someter a la muestra del suelo al ensayo de permeabilidad, se determinó que el suelo es completamente impermeable.

Ilustración 11: Permeabilidad.

Fuente: *Elaboración propia.*

**3.1.6. CBR**

El ensayo CBR se realizó siguiendo los pasos y recomendaciones de la normativa ASTM D1883-73. El procedimiento implica determinar la humedad óptima y densidad máxima del suelo, compactar la muestra en moldes estandarizados, sumergirlos en agua por 4 días, aplicar una carga con la prensa CBR y registrar las lecturas de la curva presión penetración. Los resultados se presentan en una gráfica de densidad seca e índice CBR.

Ilustración 12: Ensayo CBR.

Fuente: *Elaboración propia.*



3.2. ENSAYOS REALIZADOS CON LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO

3.2.1. ENSAYO DE HUMEDAD

El ensayo de humedad se realizó siguiendo los pasos y recomendaciones de la normativa ASTM D2216-71 (parte 19). Para este se usó material que pasa por el tamiz N° 4. Se usaron muestras remoldeadas del suelo previamente compactado con la metodología del ensayo Proctor Estándar. Se realizaron 8 muestras del suelo, 2 con 0% de cloruro de sodio, 2 con 0,0043% de cloruro de sodio que es el porcentaje calculado con la normativa NEVI 12, volumen 6, 2 con 5% de cloruro de sodio y 2 con 10% de cloruro de sodio. Estos porcentajes son con respecto al peso seco de la muestra del suelo. De estas muestras se tomaron los pesos en el transcurso de un mes, específicamente los días martes de cada semana.

Ilustración 13: *Ensayo de humedad.*

Fuente: *Elaboración propia.*



3.2.2. ENSAYO CBR

El ensayo CBR se realizó siguiendo los pasos y recomendaciones de la normativa ASTM D1883-73. El procedimiento realizado fue el mismo que el usado en la caracterización del suelo. Con la diferencia de que aquí el suelo se mezcla con cada uno de los porcentajes de cloruro de sodio diluido en agua.

Ilustración 14: Ensayo CBR.

Fuente: *Elaboración propia.*



3.3.COMPARACIÓN DE HUMEDAD Y CBR CON LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO

3.3.1. HUMEDAD CON LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO

Para contrastar los cambios del suelo con la adición de las diferentes cantidades de cloruro de sodio se realizó una gráfica en donde se observa la pérdida de humedad de cada una de las muestras del suelo en el transcurso de 1 mes. Se tomaron los pesos de las mismas una vez por semana. Además, se realizaron líneas de tendencia con las cuales se puede observar de una mejor manera la pérdida de humedad para cada una de las muestras.

3.3.2. CBR CON LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO

Se realizaron las gráficas de la densidad seca versus el valor de CBR. Así como también, el valor de CBR al 95% y 100 % de la densidad seca máxima para cada uno de los porcentajes de cloruro de sodio.

4. CAPÍTULO IV - RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se muestran los resultados de la caracterización del suelo, es decir los resultados de cada uno de los ensayos antes mencionados sin la adición de cloruro de sodio. También se presentan los resultados del ensayo de contenido de humedad y del CBR con el suelo natural y con la adición de cada uno de los porcentajes antes mencionados de cloruro de sodio. Finalmente se presenta una comparación del suelo natural y los diferentes porcentajes de cloruro de sodio para el ensayo de contenido de humedad y CBR.

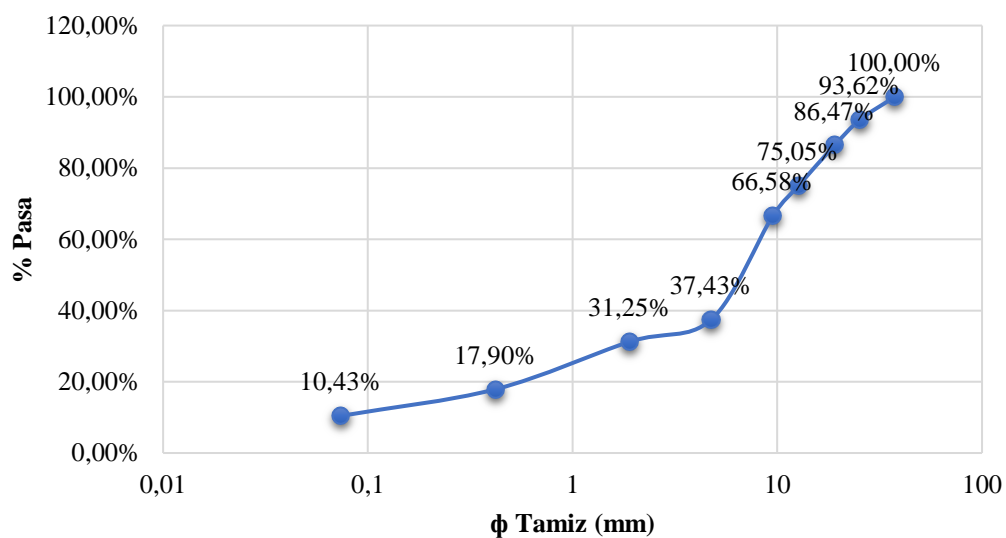
4.1. CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

4.1.1. GRANULOMETRÍA

A continuación, se observa la curva granulométrica obtenida con los resultados de la granulometría realizada del material.

Ilustración 15: *Curva granulométrica.*

Fuente: *Elaboración propia.*



La determinación del tipo de suelo se ha realizado por el método SUCS y por el método Aashto, obteniendo como resultado un suelo GP-GM (Grava mal graduada con limo y arena). A continuación, se presenta de una forma más detallada la clasificación del mismo.

4.1.1.1. CLASIFICACIÓN DEL SUELO POR EL MÉTODO SUCS

Se determinó que se trata de un suelo GP-GM (Grava mal graduada con limo y arena).

Ilustración 16: Método SUCS.

Fuente: (Braja, 2014).

Criterio para la asignación de símbolos de grupo				Símbolos de grupo
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	Gravas Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias	Cu \geq 4 y 1% C _c \leq 3	GW
		Menos de 5% finos	Cu < 4 y lo 1% C _c > 3	GP
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Gravas con finos	PI < 4 o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	GM
		Más de 12% finos	PI > 7 y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	GC
Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Inorgánico	PI > 7 y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	CL
			PI < 4 o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	ML
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	Orgánico	Límite líquido: secado / Límite líquido: no secado < 0,75; vea la figura 4,2; zona OL	OL
		Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	Inorgánico	Gráficos PI en o por encima de línea "A" (figura 4.2)
			Gráficos PI por debajo de "A" línea (figura 4.2)	MH
		Orgánico	Límite líquido: secado / Límite líquido: no secado < 0,75; vea la figura 4,2; zona OH	OH
	Suelo altamente orgánicos		Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico	Pt

Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.
 Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.
 Cu=(D60/D10); Cc=(D30/2/D60xD10)
 Si 4 ≤ PI ≤ 7 y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.
 Si 4 ≤ PI ≤ 7 y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo CL-ML.

Ilustración 17: Método SUCS.

Fuente: (Braja, 2014).

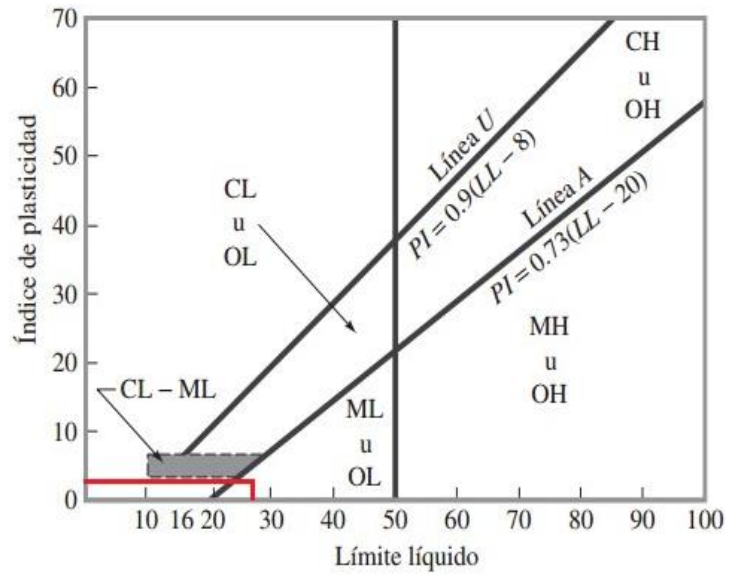


Ilustración 18: Método SUCS.

Fuente: (Braja, 2014).

Símbolo de grupo		Nombre de grupo
GW	<15% de arena	Grava bien graduada
	$\geq 15\%$ de arena	Grava bien graduada con arena
GP	<15% de arena	Grava mal graduada
	$\geq 15\%$ de arena	Grava mal graduada con arena
GW-GM	<15% de arena	Grava bien graduada con limo
	$\geq 15\%$ de arena	Grava bien graduada con limo y arena
GW-GC	<15% de arena	Grava bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	$\geq 15\%$ de arena	Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GP-GM	<15% de arena	Grava mal graduada con limo
	$\geq 15\%$ de arena	Grava mal graduada con limo y arena
GP-GC	<15% de arena	Grava mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	$\geq 15\%$ de arena	Grava mal graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GM	<15% de arena	Grava limosa
	$\geq 15\%$ de arena	Grava limosa con arena
GC	<15% de arena	Grava arcillosa
	$\geq 15\%$ de arena	Grava arcillosa con arena
GC-GM	<15% de arena	Grava limo arcillosa
	$\geq 15\%$ de arena	Grava limo arcillosa con arena
SW	<15% de grava	Arena bien graduada
	$\geq 15\%$ de grava	Arena bien graduada con grava
SP	<15% de grava	Arena mal graduada
	$\geq 15\%$ de grava	Arena mal graduada con grava
SW-SM	<15% de grava	Arena bien graduada con limo
	$\geq 15\%$ de grava	Arena bien graduada con limo y grava
SW-SC	<15% de grava	Arena bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	$\geq 15\%$ de grava	Arena bien graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SP-SM	<15% de grava	Arena mal graduada con limo
	$\geq 15\%$ de grava	Arena mal graduada con limo y grava
SP-SC	<15% de grava	Arena mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	$\geq 15\%$ de grava	Arena mal graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SM	<15% de grava	Arena limosa
	$\geq 15\%$ de grava	Arena limosa con grava
SC	<15% de grava	Arena arcillosa
	$\geq 15\%$ de grava	Arena arcillosa con grava
SC-SM	<15% de grava	Arena limo arcillosa
	$\geq 15\%$ de grava	Arena limo arcillosa con grava

4.1.1.2. CLASIFICACIÓN DEL SUELO POR EL MÉTODO AASHTO

Se determinó que se trata de un suelo limo o grava arcillosa y arena.

Ilustración 19: Método Aashto.

Fuente: (Braja, 2014).

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
	A-1			A-2			
Grupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina		Limo o grava arcillosa y arena		
Clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno						

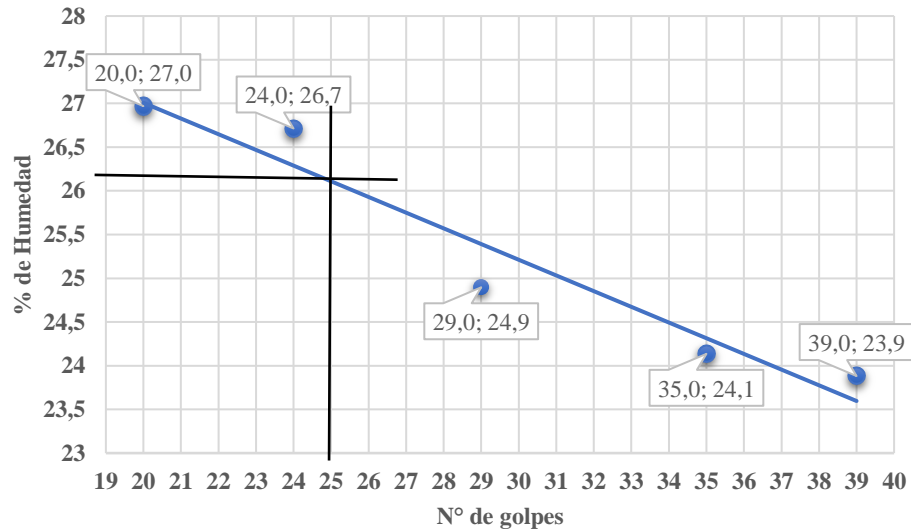
4.1.2. LÍMITES DE ATTERBERG

4.1.2.1. LÍMITE LÍQUIDO

A continuación, se observa la gráfica utilizada para la obtención del límite líquido obtenida con los resultados del ensayo de casa grande.

Ilustración 20: Límite líquido.

Fuente: *Elaboración propia.*



Límite líquido = 26,25

4.1.2.2. LÍMITE PLÁSTICO

Se obtiene como resultado del promedio de los porcentajes de humedad obtenidos para cada una de las muestras.

Límite plástico = 24,83

4.1.2.3. ÍNDICE DE PLASTICIDAD

El índice de plasticidad se calcula obteniendo la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

Índice de plasticidad = 26,25 – 24,831

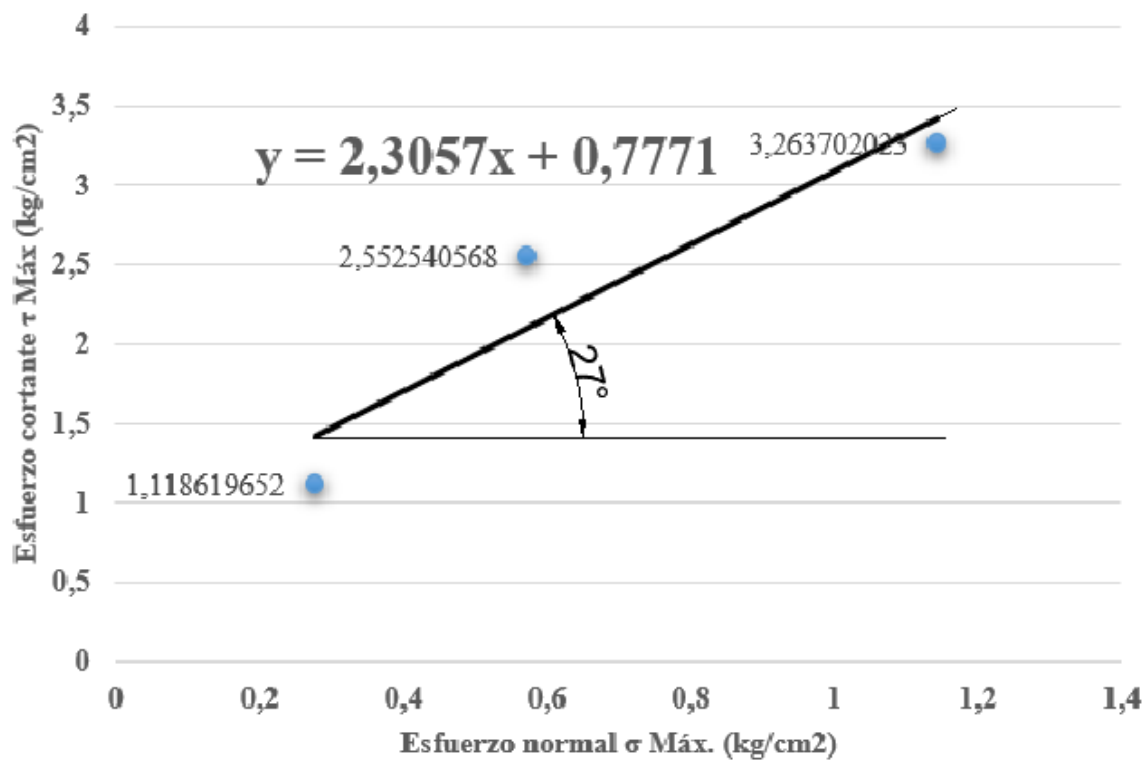
Índice de plasticidad = 1,42

4.1.3. CORTE DIRECTO

A continuación, se observa la gráfica utilizada para la obtención de la cohesión y el ángulo de fricción interna del suelo.

Ilustración 21: *Ensayo de corte directo.*

Fuente: *Elaboración propia.*



Cohesión = 0.7771

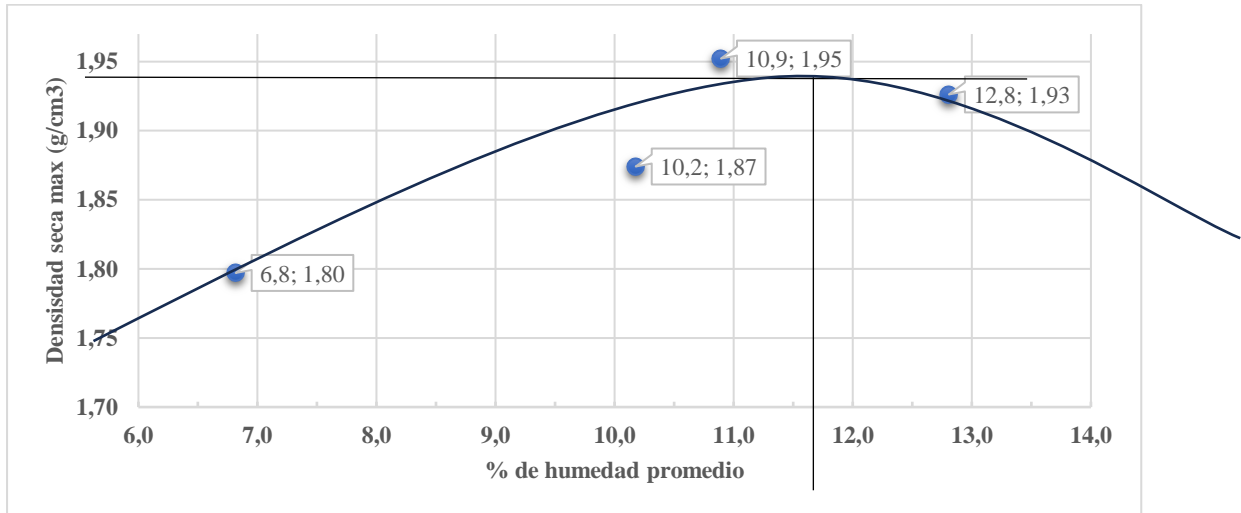
Ángulo de fricción = 27°

4.1.4. PROCTOR ESTÁNDAR

A continuación, se observa la gráfica utilizada para la obtención de la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo del suelo.

Ilustración 22: Ensayo Proctor Estándar.

Fuente: Elaboración propia.



$\%W_{\text{óptimo}} = 12$

4.1.5. PERMEABILIDAD

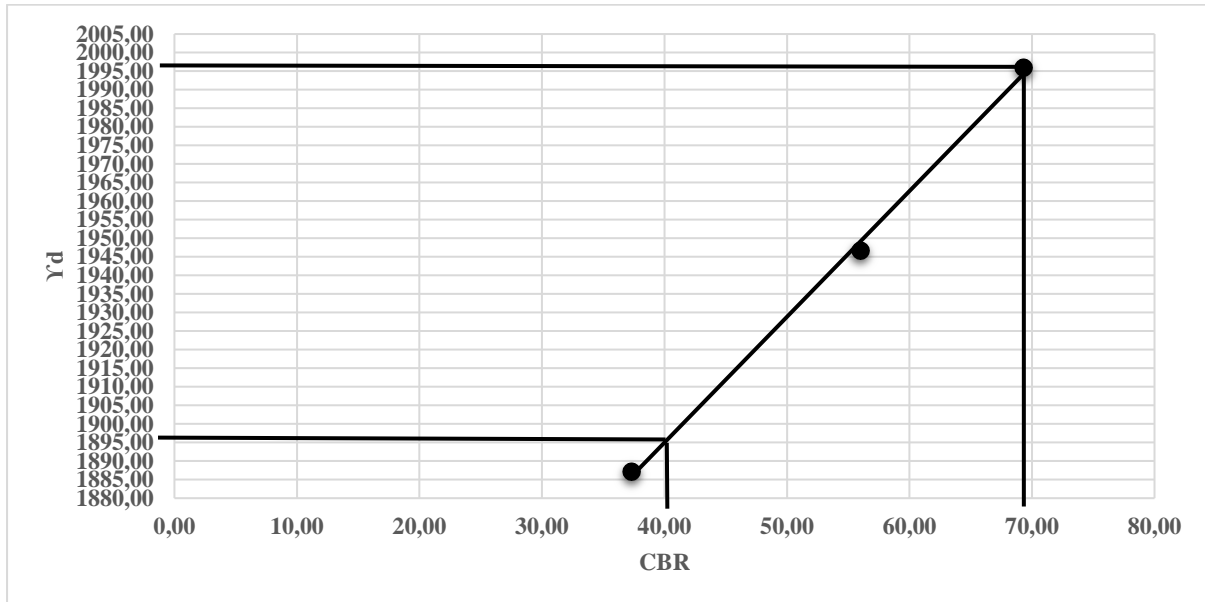
Se determinó que el suelo es completamente impermeable, debido a que el agua no logró pasar a través de la muestra de suelo colocada en el permeámetro de carga constante.

4.1.6. CBR

A continuación, se observa la gráfica obtenida de la densidad seca versus el valor de CBR, así también, el valor de CBR al 95% y 100 % de la densidad seca máxima.

Ilustración 23: Ensayo CBR.

Fuente: *Elaboración propia.*



Número de CBR = 40

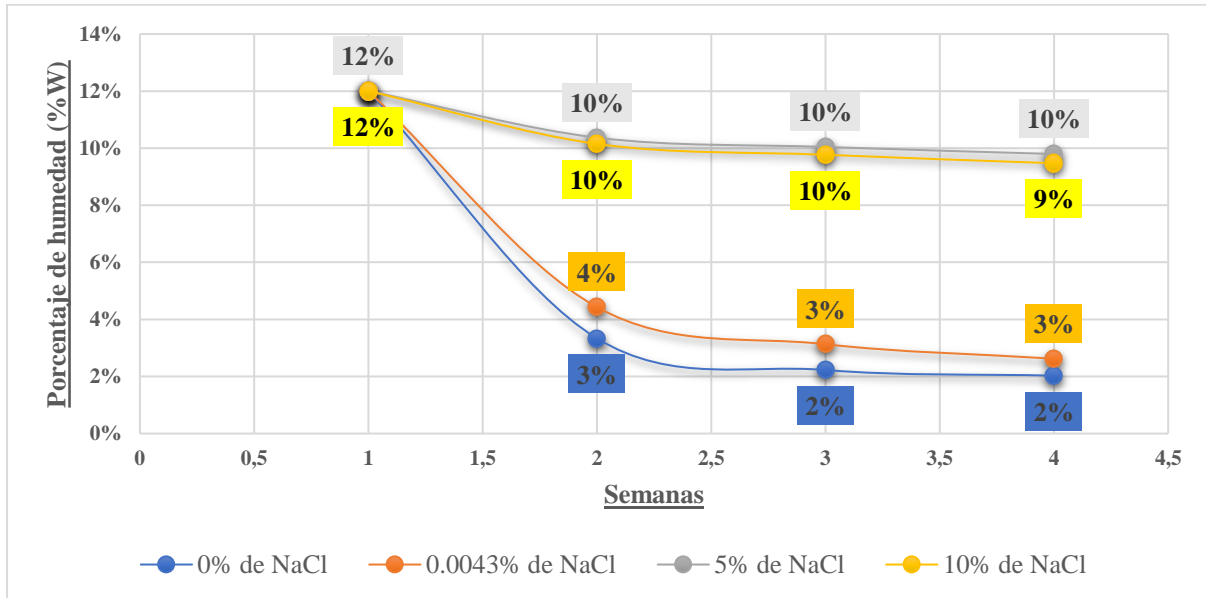
4.2. ENSAYOS REALIZADOS CON LA ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO

4.2.1.1. ENSAYO DE HUMEDAD

A continuación, se observa la gráfica obtenida del porcentaje de humedad versus el valor de semanas para cada uno de los porcentajes de cloruro de sodio.

Ilustración 24: Humedad con la adición del cloruro de sodio.

Fuente: Elaboración propia.



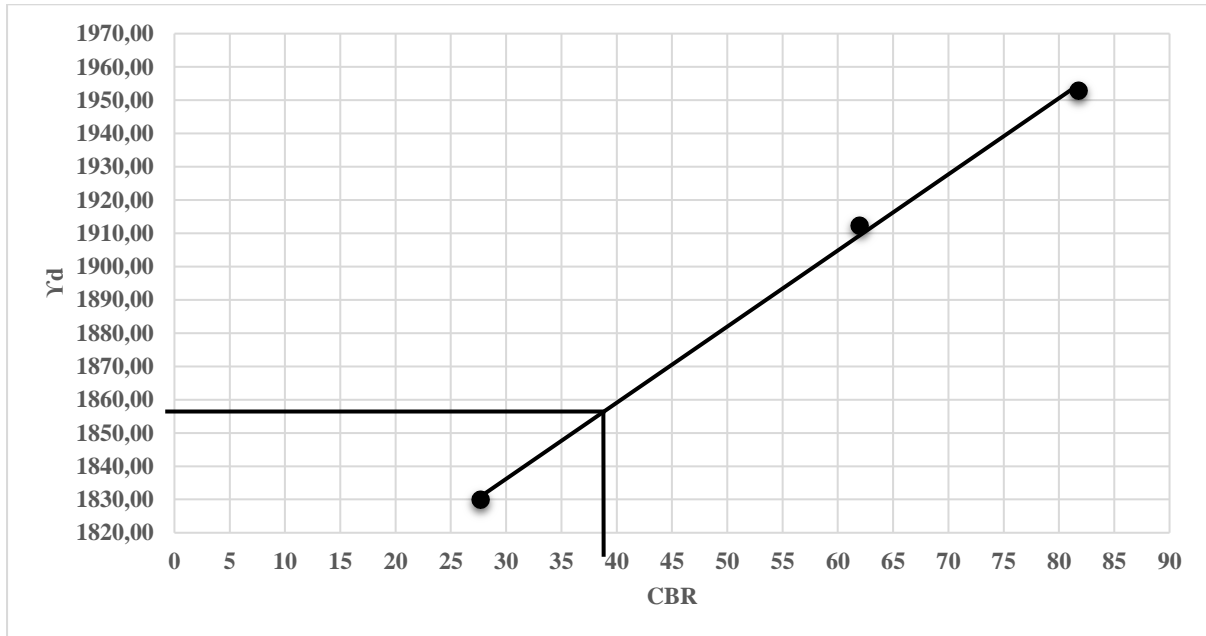
4.2.2. ENSAYO CBR

A continuación, se observa las gráficas obtenidas de la densidad seca versus el valor de CBR, así también, el valor de CBR al 95% y 100 % de la densidad seca máxima para cada uno de los porcentajes de cloruro de sodio.

4.2.2.1. 0.0043% DE CLORURO DE SODIO

Ilustración 25: *Ensayo CBR 0.0043% de cloruro de sodio.*

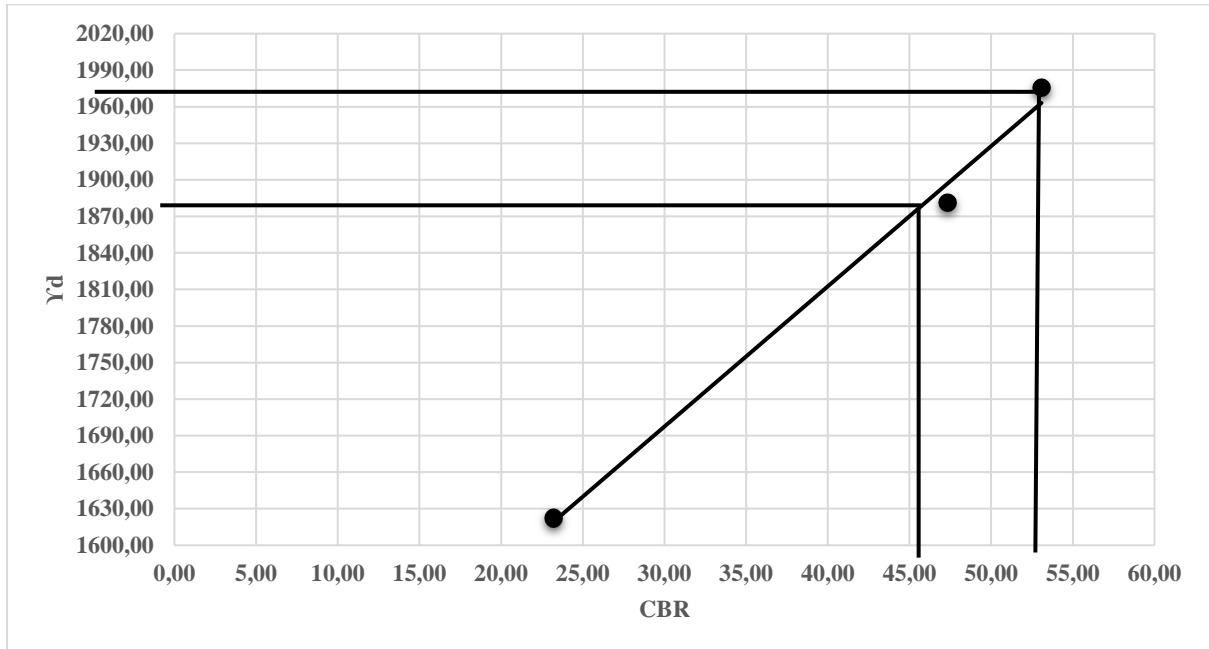
Fuente: *Elaboración propia.*



4.2.2.2. 5% DE CLORURO DE SODIO

Ilustración 26: *Ensayo CBR 5% de cloruro de sodio.*

Fuente: *Elaboración propia.*



4.2.2.3. 10% DE CLORURO DE SODIO

Ilustración 27: *Ensayo CBR 10% de cloruro de sodio.*

Fuente: *Elaboración propia.*



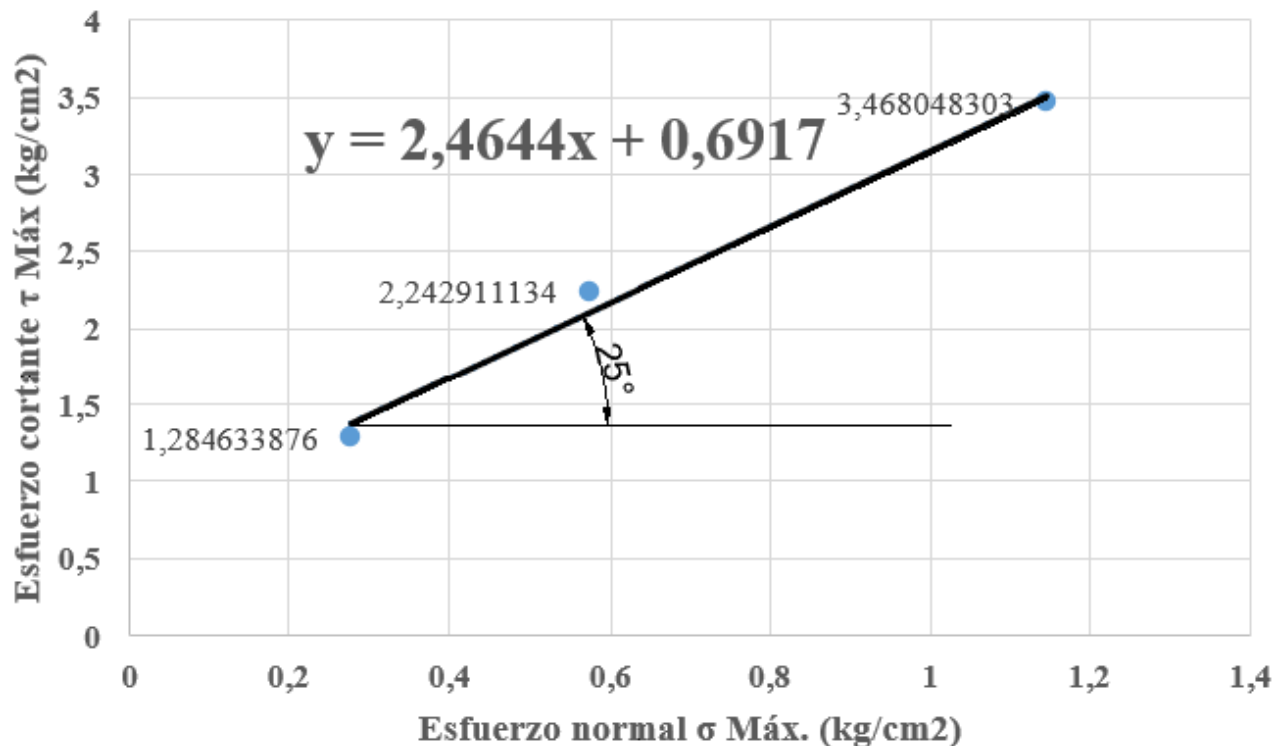
Tabla 4: *Valor de CBR con la adición de cloruro de sodio.*

Fuente: *Elaboración propia.*

Porcentaje de cloruro de sodio	Valor de CBR
0%	40
0,0043%	38
5%	45
10%	38

4.2.3. CORTE DIRECTO

A continuación, se observa la gráfica utilizada para la obtención de la cohesión y el ángulo de fricción interna del suelo para el ensayo con el 5% de NaCl.

Ilustración 28: *Ensayo de corte directo.*Fuente: *Elaboración propia.*

Cohesión = 0.6917

Ángulo de fricción = 25°

4.3. ANÁLISIS DE COSTOS

Se realizó el presupuesto de la conformación de la subrasante con material de mejoramiento sin estabilizar. Así como también la conformación de la subrasante con material de mejoramiento estabilizado con cloruro de sodio. Con los salarios por ley del año 2024. Obteniendo un costo de \$16,75 y \$16,97 el m³ respectivamente.

Los equipos considerados son: Motoniveladora, tanquero distribuidor de agua, rodillo liso vibratorio y herramienta menor. En cuanto a la mano de obra, se incluye el Peón, Op.Gr.1 – Motoniveladora, Op.Gr.2 - Rodillo Autopropulsado, Ayudante de maquinaria (Estr.Oc.D2),

Chofer: Tanquero (Estructura Oc C1). Finalmente, los materiales considerados son el material de mejoramiento puesto en obra, el agua y el cloruro de sodio diluido en agua.

4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se determinó que el suelo estudiado corresponde a Tobas, aglomerados riolíticos y andesíticos. Mediante la clasificación de suelos SUCS, corresponde a un GP-GM (Grava mal graduada con limo y arena). Por el método Aashto corresponde a un limo o grava arcillosa y arena. El mismo tiene un límite líquido de 26.25, un límite plástico de 24.83 y un índice de plasticidad de 1.42. Resultando ser un suelo con una muy baja plasticidad. Este tiene una cohesión baja, un valor de 0.7771. Tiene una humedad óptima del 12%. Un valor de CBR de 40, lo cual quiere decir que tiene una buena capacidad de soporte y finalmente, el mismo es impermeable.

Con respecto a la adición de cloruro de sodio los porcentajes más favorables para la retención de humedad son del 5% y 10% de cloruro de sodio. En donde el porcentaje de humedad disminuye en el transcurso del mes del 12% al 10% y del 12% al 9% respectivamente.

El valor del CBR resulta más favorable con la adición del 5% de cloruro de sodio, obteniendo un valor de 45, por lo cual se obtiene una mejora significativa en la capacidad de soporte del suelo y se recomienda realizar futuras investigaciones con valores cercanos al 5% de NaCl.

El valor de la cohesión no tiene cambios significativos con la adición del 5% de cloruro de sodio, dando como resultado una variación nula en la cohesión, con valores de 0.7771 y 0.6917.

Considerando un ancho de la vía de 5 m, un espesor de 20 cm y una longitud de 10 km para la conformación de la subrasante con material de mejoramiento no estabilizado. Así como también, para la conformación de la subrasante con material de mejoramiento estabilizado con

cloruro de sodio. Se obtiene un volumen de material de 10000 m³. Obteniendo un costo en dólares de 167500 y 169700 respectivamente. Para analizar el beneficio de este método se tiene que considerar varios factores como el tiempo de retención de humedad a través de los meses. Así como también la variación en la capacidad de soporte del suelo. Por esta razón, se recomienda realizar futuras investigaciones por un periodo más largo de tiempo.

Tabla 5: *Análisis de resultados.*

Fuente: *Elaboración propia.*

Ensayos		Porcentaje de cloruro de sodio			
		0%	0,0043%	5%	10%
Clasificación	SUCS	GP-GM (Grava mal graduada con limo y arena)			
	AASHTO	Limo o grava arcillosa y arena			
Límites de Atterberg	LL	26,25			
	LP	24,83			
	IP	1,42			
Corte Directo	Cohesión	0,7771		0,6917	
	Ángulo de fricción	27°		25°	
Proctor Estándar	% W óptimo	12			
Permeabilidad		Impermeable			
CBR	Valor de CBR	40	38	45	38
	% de humedad, semana 1	12	12	12	12
HUMEDAD	% de humedad, semana 2	3	4	10	10
	% de humedad, semana 3	2	3	10	10
	% de humedad, semana 4	2	3	9	10

5. CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Se determinó que la geología del suelo estudiado corresponde a Tobas, aglomerados riolíticos y andesíticos, este pertenece a una clasificación GP – GM por el método SUCS y limo o grava arcillosa y arena, por el método Aashto. Tiene baja plasticidad, baja cohesión, humedad óptima de 12%, es impermeable y un valor de CBR de 40.

Con respecto a la adición de cloruro de sodio en los resultados del CBR se determinó que la adición del mismo disminuye la capacidad de soporte del suelo. Sin embargo, este entra en el rango aceptable para usarlo en una vía. Este puede ser utilizado para vías que no reciban una cantidad elevada de tráfico, siendo el mayor problema la pérdida de humedad del suelo. El valor de CBR con la adición de cloruro de sodio de 0.0043%, 5% y 10% es de 38, 45, 38 respectivamente. Además, se determinó que el suelo estudiado contiene un valor bajo de cohesión. Sin embargo, al aplicar el cloruro de sodio no se nota un cambio significativo en el mismo.

Se determinó que los porcentajes de cloruro de sodio más favorables para la retención de humedad a través del tiempo analizado son los del 5% y 10%, ya que estos tienen una mejora significativa con respecto a los porcentajes de 0% y 0,0043% de cloruro de sodio. Sin embargo, el porcentaje de 5% resulta mejor que el del 10 %.

En el presupuesto realizado se determinó que el precio de la conformación de la subrasante con material de mejoramiento sin estabilizar es de \$16.75 el m³, mientras que el estabilizado con cloruro de sodio es de \$16.97 el m³.

Se determinó que, al aplicar cloruro de sodio en el suelo estudiado, la humedad se retiene favorablemente con el porcentaje de 5% al igual que en el ensayo de CBR en donde, el mismo aumentó.

RECOMENDACIONES

Se recomienda para futuras investigaciones con suelos no cohesivos realizar una evaluación de la pérdida humedad, CBR y corte directo con porcentajes cercanos al 5% de cloruro de sodio.

Se recomienda para futuras investigaciones con suelos no cohesivos realizar una evaluación de la pérdida humedad en campo y además por un periodo más largo de un mes.

Se recomienda para futuras investigaciones con la adición de cloruro de sodio en suelos no cohesivos realizar el análisis para base y sub base. Así como también para diferentes tipos de suelos.

Se recomienda para futuras investigaciones dosificaciones no muy altas de cloruro de sodio ya que si se alcanza porcentajes mayores se reduce la cantidad de material granular siendo dañino para el consolidado que no trabajaría de manera adecuada ante las cargas de tránsito vehicular en carreteras no pavimentadas.

6. CAPÍTULO VI - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Braja, D. (s. f.-a). Principles of Foundation Engineering. Recuperado 21 de noviembre de 2023, de <https://zlib.pub/download/principles-of-foundation-engineering-9th-edition-si-edition-hcuq5b7lemk0>

Braja, D. (s. f.-b). Principles of Geotechnical Engineering. Recuperado 21 de noviembre de 2023, de <https://zlib.pub/download/principles-of-geotechnical-engineering-3pdrlicsv0>

Braja, D. (2014, febrero 26). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.

https://issuu.com/cengagelatam/docs/fundamentos_de_ingenieria_low_1_iss

Cárdenas Eras, J. S., & Arias Duy, K. A. (2022). Determinación y análisis de parámetros geomecánicos de suelos granulares determinados por ensayos convencionales aplicando energía con Próctor estándar y modificado. 132.

Ccoecca Roman, E., & Llaguento Paico, K. M. (2022). Estabilización de suelos con cloruro de sodio, para Base y sub base en carreteras de tercera clase con fines de Pavimentación – Lambayeque [Universidad César Vallejo].

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/105103>

Ciceris, N. J. P., & Colorado, H. M. F. (2019). Correlación entre la resistencia al corte en suelos cohesivos por medio del viscosímetro rotacional, compresión inconfiada y corte directo. 139.

Cochachin Mendoza, R. C. (2018). Estabilización y durabilidad de sub base usando la cantera de Challhua con adición de cloruro de sodio en 2, 4 y 6% Huaraz 2017.

<https://1library.co/document/z3d1xomy-estabilizacion-durabilidad-usando-cantera-challhua-adicion-cloruro-huaraz.html>

Crespo, V. (s. f.). Mecánica de Suelos y Cimentaciones—Crespo Villalaz—5ta Edición—IngCivilFree.Org | Libros, Cursos y Diplomados. Recuperado 21 de noviembre de 2023, de <https://www.ingcivilfree.org/2018/09/mecanica-de-suelos-y-cimentaciones.html>

Cuya Calderón, J. A., & Paco Ayuque, R. E. (2021). Aplicación de agua salina en la modificación de los parámetros geotécnicos de suelos no cohesivos en Villa El Salvador, Chilca y Asia – Lima. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 133. <https://doi.org/10.19083/tesis/656815>

Fernández Curotto, J. P. (2008). Humedad Proveniente del Suelo en Edificaciones. 113.

- Firoozi, A. A., Guney Olgun, C., Firoozi, A. A., & Baghini, M. S. (2017). Fundamentals of soil stabilization. *International Journal of Geo-Engineering*, 8(1), 26.
<https://doi.org/10.1186/s40703-017-0064-9>
- GAD de Las Nieves. (2015). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial para el buen vivir 2015-2019.
- Gaibor Tacuri, G. S. (2021). Desarrollo de un modelo predictivo para los límites de Atterberg en suelos de la región pampeana con diferente porcentaje de arcilla y contenido de materia orgánica y la evaluación de la expansividad por métodos indirectos [Tesis, Universidad de Belgrano - Facultad de Ingeniería y Tecnología Informática - Ingeniería Civil]. <http://repositorio.ub.edu.ar/handle/123456789/9544>
- Inventario vial provincia del Azuay. (2022). https://www.azuay.gob.ec/wp-content/uploads/2022/12/INVENTARIO-VIAL-PROVINCIAL-2022_ULTIMA-ACTUALIZACION_14102022.pdf
- Joseph E, B. (1981). Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil.
<https://vdocument.in/manual-de-laboratorio-de-suelos-en-ingenieria-civil-joseph-e-bowles-55d0c55cc45e8.html?page=1>
- Luis Aron, C. D. L. C. (2021). Análisis comparativo de estabilización para el mejoramiento de subrasante entre el uso del cloruro de sodio y el sistema Consolid en zonas urbanas no pavimentadas de la urbanización el Parral del distrito de la Victoria, 2020. 191.
- Lujan Martinez, M. J. (2022a). Aplicación del Cloruro de Sodio en la Estabilización de Suelos Arenosos, Carretera Curibamba – Pacaybamba, Distrito de Mariscal Castilla—Concepción. Repositorio Institucional - UPLA.
<http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/3766>
- Lujan Martinez, M. J. (2022b). Aplicación del Cloruro de Sodio en la Estabilización de Suelos Arenosos, Carretera Curibamba – Pacaybamba, Distrito de Mariscal Castilla—

Concepción. Repositorio Institucional - UPLA.

<http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/3766>

Luna Enriquez, V. L. A., & Yzaguirre Caballero, B. R. (2019). Estabilización de la red vial vecinal AN-873—0 000 al 2 400 km con cloruro de sodio proveniente del agua de mar, Santa, Santa, Áncash—2019.

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_9d95d2e2e517c33a5dc8ded94f7d6175

Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador. (2013). NORMA ECUATORIANA

VIAL NEVI-12-MTOP. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_6.pdf

Ñahui Velasque, B. A., & Vallejos Ccoicca, C. (2021). Aplicación de aditivo químico cloruro de sodio para la conservación de la carretera departamental HV116 tramo km 59.914 – km 60.914, Huancavelica—2020. Repositorio Institucional - UCV.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/62915>

Quiroz Alcántara, A. (2020). Estabilización de suelos con cloruro de sodio, en el camino de bajo volumen de tránsito desde el caserío Los Tubos hasta el caserío Pozo Cuarenta, distrito de Mórrope, provincia de Lambayeque, departamento Lambayeque.

<http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8363>

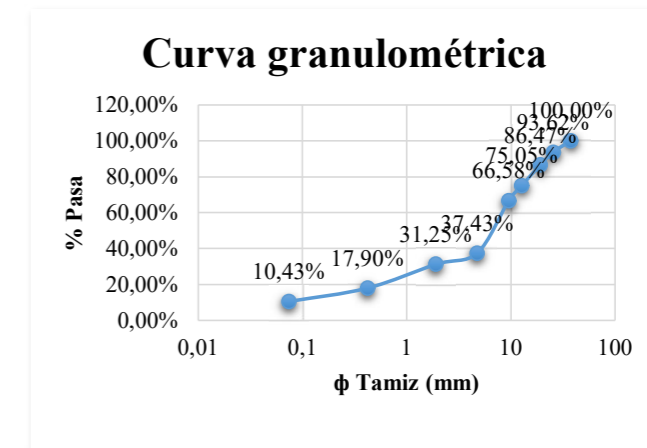
Ramos Carreño, E. (2018). Influencia del cloruro de sodio en las propiedades mecánicas del suelo granular de la cantera de Sencca-Poroy [Universidad Alas Peruanas].

https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/bitstream/20.500.12990/6669/1/Tesis_influencia_cloruro%20de%20sodio_propiedades%20mec%C3%A1nicas_suelos%20granulados.pdf

- Reyes Ortiz, O. J., Tauta Camacho, J. F., & Rivera Troncoso, J. R. (2006). Uso de cloruro de sodio en bases granulares. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 16(1), 63-71.
- Roldán de Paz, J. (2010). Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases. 199.
- Sarmiento Espinoza, W. E. (2017). Determinación indirecta de la permeabilidad del suelo mediante el ensayo edométrico. 81.
- Thomas F, O., Tilak V, B., & Fumio, H. (2004). *Handbook of Chlor-Alkali Technology*.
https://ia903209.us.archive.org/28/items/handbook-of-chlor-alkali-technology-thomas-f.-o-brien-tilak-v.-bommaraju-fumio-hine-springer-2005./Handbook%20of%20chlor-alkali%20technology__Thomas%20F.%20O.%E2%80%99Brien,%20Tilak%20V.%20Bommaraju,%20Fumio%20Hine__Springer,%202005..pdf
- Valdivia Zeballos, R. J. (2022). Aplicación del cloruro de sodio en las propiedades del material de afirmado para la carretera vecinal EMP.MO 534 El Hueso, Ilo-Moquegua, 2021. Repositorio Institucional - UCV.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88955>

7. ANEXOS

φ Tamiz (pulg)	φ Tamiz (mm)	Peso retenido (gr)	Peso retenido acumulado (gr)	% Retenido	% Pasa
3"	75	0	0	0,00%	100,00%
2"	50	0	0	0,00%	100,00%
1 1/2"	37,5	0	0	0,00%	100,00%
1"	25,4	799	799	6,38%	93,62%
3/4"	19,1	895	1694	13,53%	86,47%
1/2"	12,7	1429	3123	24,95%	75,05%
3/8"	9,5	1060,5	4183,5	33,42%	66,58%
Nro 4	4,75	3650	7833,5	62,57%	37,43%
Fondo		4858,5	4685,6		
Nro 10	1,9	79,62	79,62	68,75%	31,25%
Nro 40	0,42	171,98	251,6	82,10%	17,90%
Nro 200	0,074	96,18	347,78	89,57%	10,43%
Fondo		2,71	350,49		



Peso antes del ensayo	12705,50 gr
Peso después del ensayo	12692,00 gr

Tarro Nro	Humedad					
	M.H+T	M.S+T	T	M.H	M.S	%W
S5	244,37	237,56	52,71	191,66	184,85	3,68
A3	224,72	218,6	52,9	171,82	165,7	3,69
%W.promedio						3,69

$$\%W = \frac{M.H - M.S}{M.S} \times 100$$

Peso del fondo (WH)	4858,5 gr
Peso seco (WS)	4685,66 gr

$$W_s = \frac{W_H}{1 + \frac{\%W \cdot promedio}{100}}$$

Peso húmedo antes del lavado (WH)	500 gr
Peso seco antes del lavado (WS)	482,21 gr

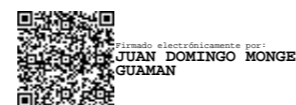
$$W_s = \frac{W_H}{1 + \frac{\%W \cdot promedio}{100}}$$

3" al Nro 4	7833,50 gr
Peso del fondo (WH)	4685,66 gr
Peso total (100%)	12519,16 gr

Método de la liga	
	%Retenido
Nro 10	68,75%
Nro 40	82,10%
Nro 200	89,57%

$$\%Retenido = \left(\frac{\text{Peso retenido acumulado} \cdot \frac{c}{\text{Tamiz}} \times \%PasaNro4 \right) + \%RetenidoNro4$$

D10	0,074
D30	1,85
D60	3,55
Cu	47,97
Cc	13,03



LABORATORISTA

- 1.- Se tamiza material que pase el tamiz Nro 200.
- 2.- Se mezcla e material con agua y se realiza el ensayo de Casa Grande para 5 Tarros
- 3.- Se mezcla e material con agua y se realiza el ensayo de los cilindros para 5 Tarros

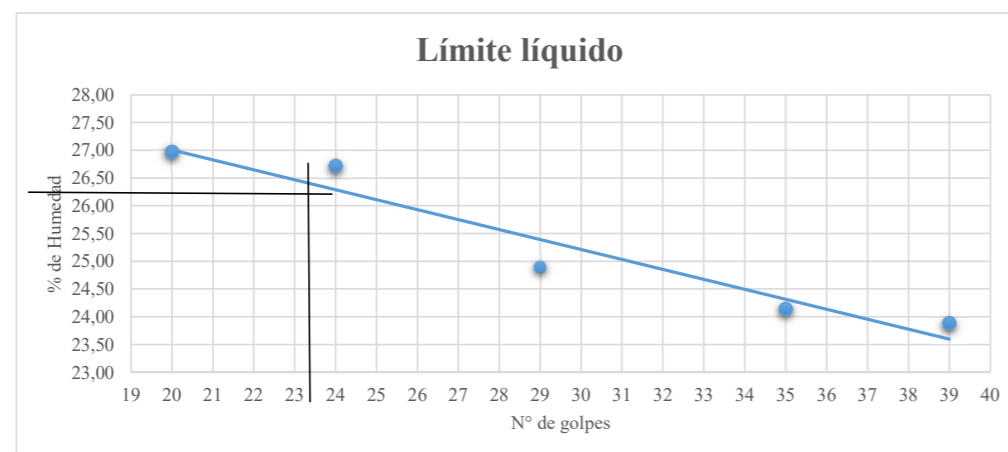
Nº del recipiente	Ensayo	Peso del recipiente (gr)	Peso del recipiente + M. Húmeda (gr)	Peso del recipiente + M. Seca (gr)
6	Casa grande	21,93	39,93	36,46
50	Cilindros	21,13	24,97	23,82
F	Casa grande	20,86	38,09	34,74
A	Casa grande	21,08	42,25	38,03
C	Cilindros	21,7	24,38	23,85
D	Cilindros	20,96	23,14	22,71
2	Casa grande	21,28	41,06	36,89
B	Casa grande	21,73	40,75	36,71
PB	Cilindros	10,44	14,06	13,34
1	Cilindros	11,05	14,42	13,74

Nro de golpes para el ensayo de Casa Grande:
Se baja entre 8 y 4 golpes

35	40
39	
31	35
35	
27	31
29	
21	25
24	
16	20
20	

Límite líquido:

Nº Golpes	39	35	29	24	20
Nº del recipiente	6	F	A	2	B
Peso del recipiente + M. Húmeda (gr)	39,93	38,09	42,25	41,06	40,75
Peso del recipiente + M. Seca (gr)	36,46	34,74	38,03	36,89	36,71
Peso del recipiente (gr)	21,93	20,86	21,08	21,28	21,73
% de Humedad	23,88	24,14	24,90	26,71	26,97



Límite líquido	26,25
-----------------------	-------

Límite plástico

Recipiente N°	50	C	D	PB	1
Recipiente + M. Húmeda	24,97	24,38	23,14	14,06	14,42
Recipiente + M. Seca	23,82	23,85	22,71	13,34	13,74
Peso Recipiente	21,13	21,7	20,96	10,44	11,05
% Humedad	42,75	24,65	24,57	24,83	25,28

Límite plástico	24,832
------------------------	--------

Índice de plasticidad

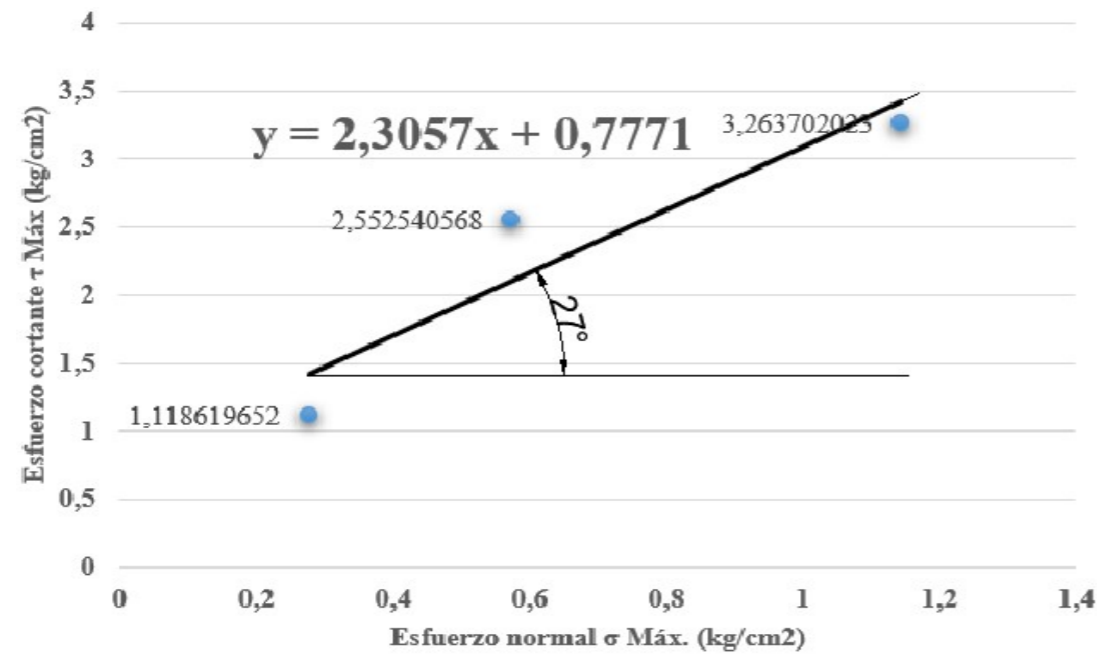
Índice de plasticidad	1,418
------------------------------	-------



LABORATORISTA

Muestra	Carga normal (kg)	Carga normal Max. Relación 1:10 (kg)	Carga cortante Max. (N)	Desplazamiento horizontal	Lado promedio de la muestra (cm)	Área de la muestra
1	1	10	396,2	4,54	6,24	38,94
2	2	20	872,2	6,58	6,24	38,94
3	4	40	1118	6,44	6,24	38,94

Muestra	Área corregida de la muestra (cm ²)	Deformación unitaria	Esfuerzo normal σ Máx. (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ Máx (kg/cm ²)
1	36,10	7,27	0,28	1,12
2	34,83	10,54	0,57	2,55
3	34,92	10,32	1,15	3,26



Parámetro	
Cohesión (C) (kg/cm ²)	0,7771
ϕ (°)	27



JUAN DOMINGO MONGE
GUAMAN

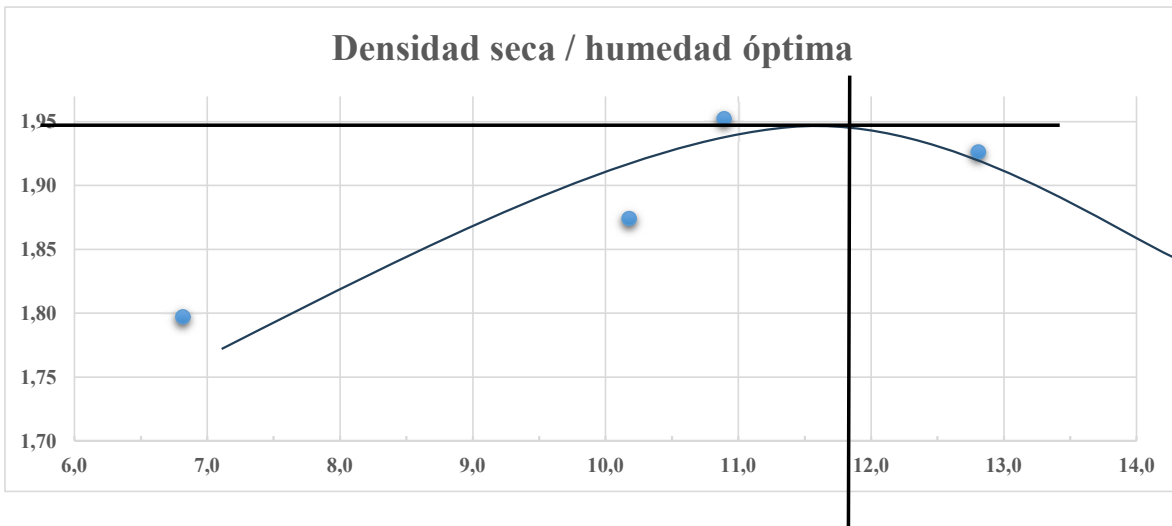
LABORATORISTA

CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra	15%		18%		21%		9%	
	210 cc		245 cc		280 cc		140 cc	
Nro del Tarro	1	L7	T09	9	S1	2	L3	3N
Peso del Tarro (wT)	65,57	67,51	38,98	43,2	43,28	25,01	67,46	63,72
Muestra Humeda + Peso del Tarro (wH+wT)	192,45	177,19	154,14	163,22	147,74	123,38	213,84	231,39
Muestra Humeda (wH)	126,88	109,68	115,16	120,02	104,46	98,37	146,38	167,67
Muestra Seca + Peso del Tarro (wS+wT)	180,43	167,32	142,79	151,47	135,84	112,25	204,56	220,62
Muestra Seca (wS)	114,86	99,81	103,81	108,27	92,56	87,24	137,1	156,9
Peso del agua (wW)	12,02	9,87	11,35	11,75	11,9	11,13	9,28	10,77
% de humedad	10,46	9,89	10,93	10,85	12,86	12,76	6,77	6,86
% de humedad promedio	10,2		10,9		12,8		6,8	

Molde	
Peso	4660 gr
Diametro	10,10 cm
Altura	11,6 cm
Volumen	929,3742131 cm ³

Densidades				
Peso del molde + muestra	6579	6672	6679,5	6444
densidad humeda(g/cm3)	2,06	2,16	2,17	1,92
densidad seca max (g/cm3)	1,87	1,95	1,93	1,80



% Wóptimo	12
-----------	----



Firmado digitalmente por:
JUAN DOMINGO MONGE
GUAMAN

LABORATORISTA

Pesos de la muestra		
Peso total de la muestra Wh	5500	gr
% de la Fracción gruesa	55,82%	
% de la Fracción fina	44,18%	
Peso de la fracción gruesa	3070,1	gr
Peso de la fracción fina	2429,9	gr

Nro	Molde		
	15	29	28
Peso	6408	6368	6837
Diámetro	15,2	15,2	15,2
Altura	12,6	12,6	12,6
Volumen	2286,38	2286,38	2286,38

Peso del material húmedo	472,5	gr
Peso del material seco	461,5	gr
%W del material	2,38	%

$$\%W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

$$\%W = \frac{(\text{Peso del material húmedo} - \text{Peso del material seco})}{\text{Peso del material seco}} \times 100$$

$$WS = \frac{WH}{1 + \frac{\%W_{del\ material}}{100}}$$

Peso seco Ws	5371,96	gr
--------------	---------	----

%Wóptimo	12	
Ww	516,59	cc

$$\%W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

$$W_w = \frac{\%W \times W_s}{100}$$

$$W_w = \frac{(\%W_{\text{óptimo}} - \%W_{\text{Material}}) \times W_s}{100}$$

Nro Molde	56 golpes		25 golpes		12 golpes	
	15		29		28	
Nro del Tarro	A3	S5	S10	S12	30,00	D3
Peso del Tarro	52,90	52,71	64,63	64,70	52,81	66,76
Peso del Tarro + M. Húmeda	192,81	192,39	249,55	303,50	222,80	294,43
Peso del Tarro + M. Seca	179,40	178,30	229,17	278,12	207,73	271,70
Peso del Molde + M. Húmeda	11469,00		11359,00		11600,50	
Peso del Molde + M. Húmeda luego de los 4 días	11526,00		11438,00		11731,50	
Precisión	7,00		16,00		0,00	

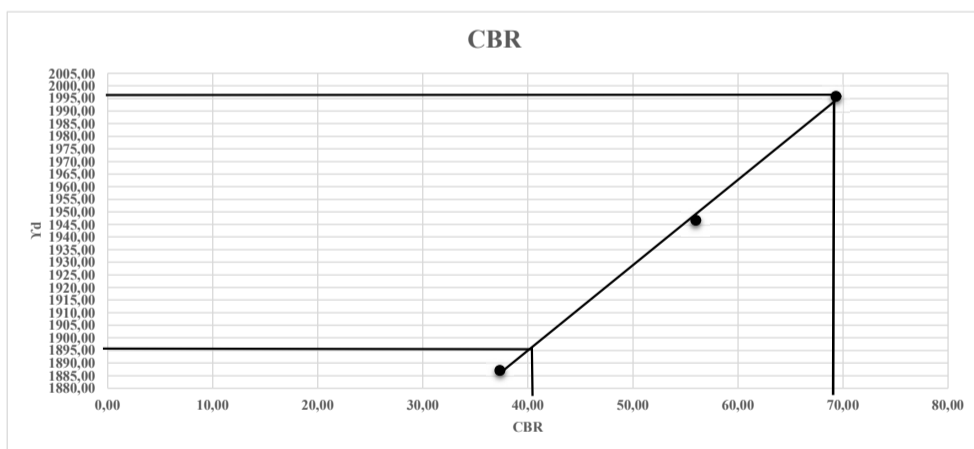
Deformación	Lectura de Dial	Lectura de Dial	Lectura de Dial
0	0,00	0,00	0,00
25	14,00	19,00	10,00
50	26,00	45,00	22,00
75	64,00	73,00	42,00
100	107,00	86,00	69,00
150	255,00	168,00	140,00
200	403,00	261,00	220,00
250	548,00	388,00	300,00
300	691,00	516,00	360,00
400	948,00	680,00	488,00
500	1208,00	850,00	565,00

Nro del Tarro	L7	z	3N	9,00	S1	23,00
Peso del Tarro	67,52	52,27	63,70	43,22	43,29	67,47
Peso del Tarro + M. Húmeda	226,69	170,97	221,53	176,82	203,34	211,37
Peso del Tarro + M. Seca	211,02	159,68	210,77	165,53	186,25	198,98

YH	2213,55		2182,93		2083,43	
%H	10,60	11,22	12,39	11,89	9,73	11,09
	10,91		12,14		10,41	

Densidad seca

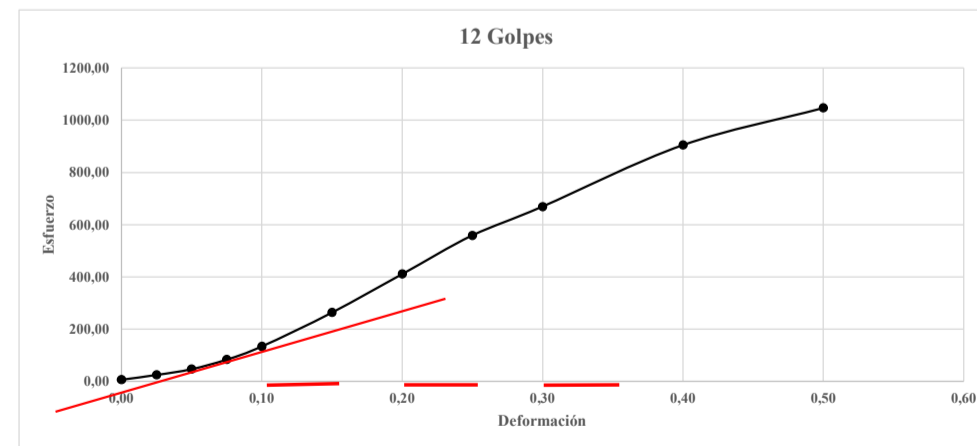
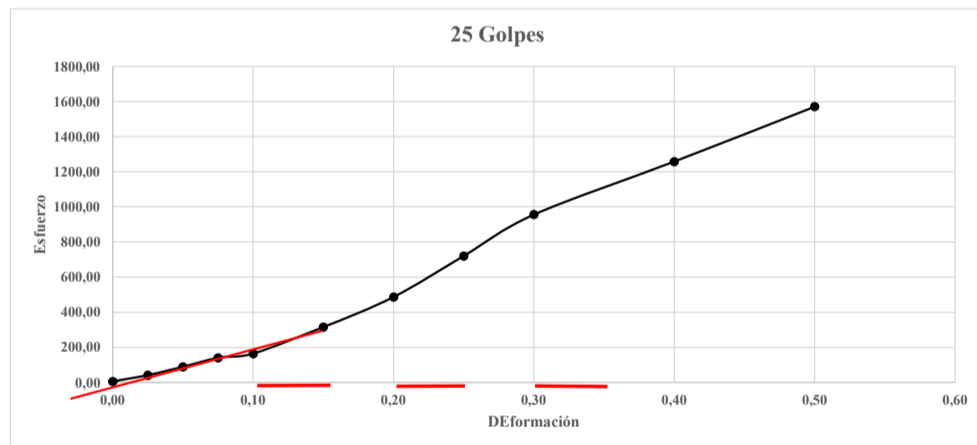
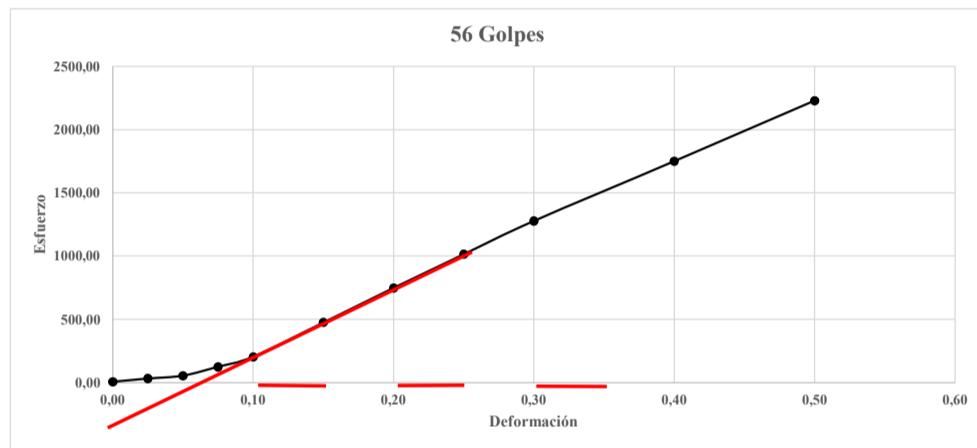
Yd	1995,81	1946,63	1887,00
CBR	69,33	56,00	37,33



95% 1896,016

Cargas en libras		
CARGA 56 GOLPES	CARGA 25 GOLPES	CARGA 12 GOLPES
20,29	20,29	20,29
100,174	128,704	77,35
168,646	277,06	145,822
385,474	436,828	259,942
630,832	511,006	414,004
1475,32	978,898	819,13
2319,808	1509,556	1275,61
3147,178	2234,218	1732,09
3963,136	2964,586	2074,45
5429,578	3900,37	2804,818
6913,138	4870,39	3244,18

Esfuerzos Lb/plg ²												
Deformación en pulgadas	Esfuerzo 56 golpes	Esfuerzo estándar	Corregida	CBR	Esfuerzo 25 golpes	Esfuerzo estándar	Corregida	CBR	Esfuerzo 12 golpes	Esfuerzo estándar	Corregida	CBR
0,00	6,55				6,55				6,55			
0,03	32,31				41,52				24,95			
0,05	54,40				89,37				47,04			
0,08	124,35				140,91				83,85			
0,10	203,49	1000,00	476,00	47,60	164,84	1000,00	408,00	40,80	133,55	1000,00	270,00	27,00
0,15	475,91				315,77				264,24			
0,20	748,33	1500,00	1040,00	69,33	486,95	1500,00	840,00	56,00	411,49	1500,00	560,00	37,33
0,25	1015,22				720,72				558,74			
0,30	1278,43	1900,00	1750,00	92,11	956,32	1900,00	1190,00	62,63	669,18	1900,00	786,00	41,37
0,40	1751,48				1258,18				904,78			
0,50	2230,04				1571,09				1046,51			




 Firmado electrónicamente por:
JUAN DOMINGO MONGE
 GUAMAN

LABORATORISTA

Pesos de la muestra		
Peso total de la muestra Wh	5500	gr
% de la Fracción gruesa	55,82%	
% de la Fracción fina	44,18%	
Peso de la fracción gruesa	3070,1	gr
Peso de la fracción fina	2429,9	gr

Nro	Molde		
	15	29	28
Peso	6408	6368	6837
Diámetro	15,2	15,2	15,2
Altura	12,6	12,6	12,6
Volumen	2286,38	2286,38	2286,38

Peso del material húmedo	472,5	gr
Peso del material seco	461,5	gr
%W del material	2,38	%

$$\%W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

$$\%W = \frac{(\text{Peso del material húmedo} - \text{Peso del material seco})}{\text{Peso del material seco}} \times 100$$

$$WS = \frac{WH}{1 + \frac{\%W_{del\ material}}{100}}$$

Peso seco Ws	5371,96	gr
--------------	---------	----

%Wóptimo	12	
Ww	516,59	cc

$$\%W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

$$W_w = \frac{\%W \times W_s}{100}$$

$$W_w = \frac{(\%W_{\text{óptimo}} - \%W_{\text{Material}}) \times W_s}{100}$$

Peso del cloruro de sodio:		
% Pasa #200	10,43%	
Peso seco Ws	5371,96	gr
NACL	23,356	gr

$$W_{NaCl} = \left(\frac{\%Pasa\#200}{24} \right) \times \text{Peso seco } W_s$$

Nro Molde	56 golpes		25 golpes		12 golpes	
	15	G	29	T2	28	20
Nro del Tarro	2I	G	CH	T2	JD	20
Peso del Tarro	69,90	62,60	65,70	43,10	65,30	64,40
Peso del Tarro + M. Húmeda	308,20	324,40	326,30	219,30	359,50	321,90
Peso del Tarro + M. Seca	285,50	298,70	300,10	203,20	329,00	296,00
Peso del Molde + M. Húmeda	11351,00		11204,50		11496,50	
Peso del Molde + M. Húmeda luego de los 4 días	11417,00		11335,00		11648,50	
Precisión	2,00		0,00		0,00	

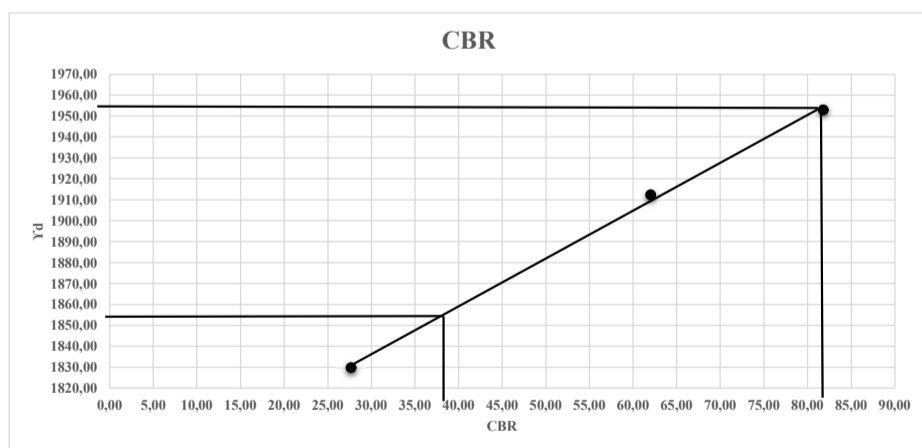
Deformación	Lectura de Dial	Lectura de Dial	Lectura de Dial
0	0,00	0,00	0,00
25	30,00	45,00	24,00
50	92,00	47,00	47,00
75	169,00	150,00	73,00
100	253,00	207,00	102,00
150	445,00	325,00	164,00
200	663,00	428,00	222,00
250	862,00	543,00	276,00
300	1042,00	660,00	332,00
400	1382,00	857,00	446,00
500	1663,00	1030,00	559,00

Nro del Tarro	2I	G	CH	T2	JD	20
Peso del Tarro	69,90	62,60	65,70	43,10	65,30	64,40
Peso del Tarro + M. Húmeda	256,60	206,20	218,60	202,00	289,90	253,40
Peso del Tarro + M. Seca	238,50	191,70	201,80	185,30	264,30	232,20

YH	2161,937		2115,357		2037,942	
%H	10,529	10,885	11,177	10,056	11,566	11,183
	10,707		10,617		11,375	

Densidad seca

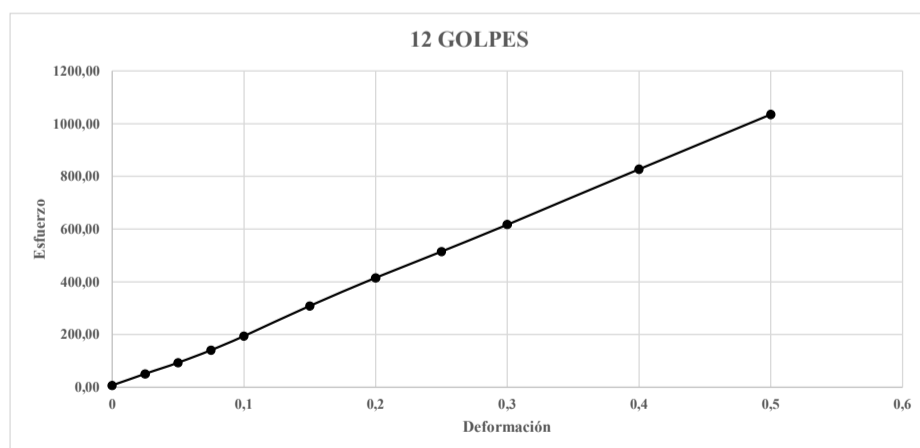
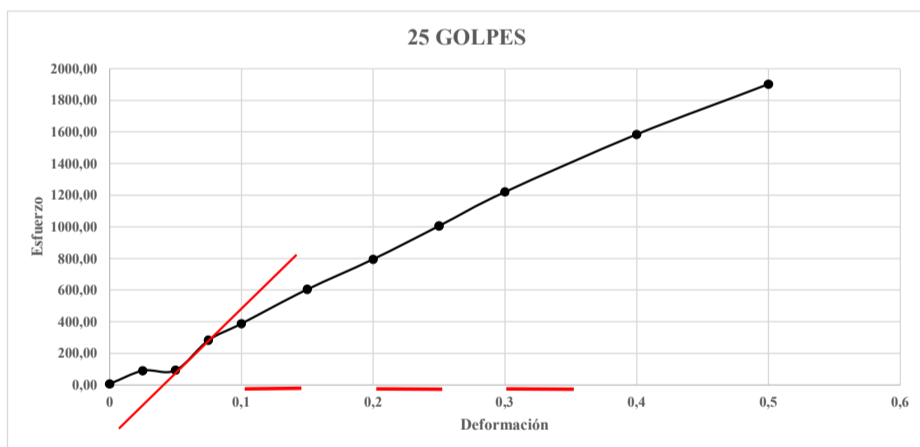
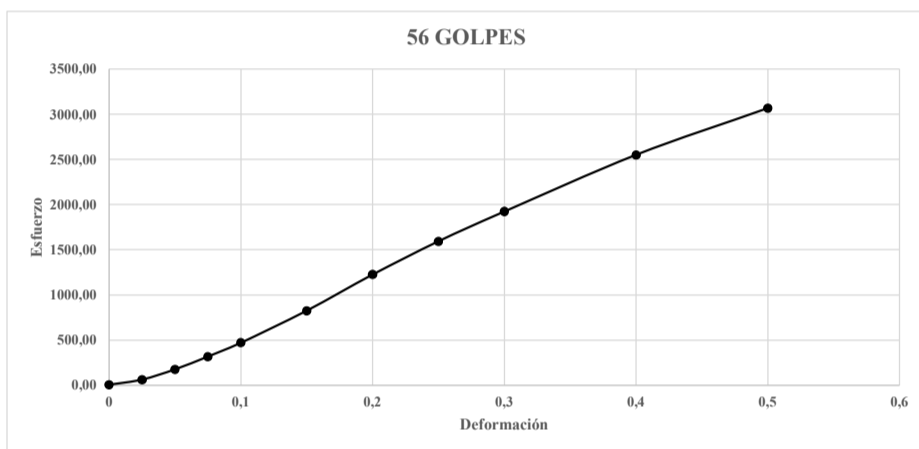
Yd	1952,85	1912,33	1829,81
CBR	81,79	62,00	27,68



95% 1855,204

Cargas en libras		
CARGA 56 GOLPES	CARGA 25 GOLPES	CARGA 12 GOLPES
20,29	20,29	20,29
191,47	277,06	157,234
545,242	288,472	288,472
984,604	876,19	436,828
1463,908	1201,432	602,302
2559,46	1874,74	956,074
3803,368	2462,458	1287,022
4938,862	3118,648	1595,146
5965,942	3786,25	1914,682
7905,982	4910,332	2565,166
9509,368	5897,47	3209,944

Esfuerzos Lb/plg2												
Deformación en pulgadas	Esfuerzo 56 golpes	Esfuerzo estándar	Corregida	CBR	Esfuerzo 25 golpes	Esfuerzo estándar	Corregida	CBR	Esfuerzo 12 golpes	Esfuerzo estándar	Corregida	CBR
0	6,55				6,55				6,55			
0,025	61,76				89,37				50,72			
0,05	175,88				93,06				93,06			
0,075	317,61				282,64				140,91			
0,1	472,23	1000,00	472,23	47,22	387,56	1000,00	585,00	58,50	194,29	1000,00	194,29	19,43
0,15	825,63				604,75				308,41			
0,2	1226,89	1500,00	1226,89	81,79	794,34	1500,00	930,00	62,00	415,17	1500,00	415,17	27,68
0,25	1593,18				1006,02				514,56			
0,3	1924,50	1900,00	1924,50	101,29	1221,37	1900,00	1400,00	73,68	617,64	1900,00	617,64	32,51
0,4	2550,32				1583,98				827,47			
0,5	3067,54				1902,41				1035,47			



Digitado electrónicamente por
JUAN DOMINGO MONGE
 GUAMAN

LABORATORISTA

Pesos de la muestra		
Peso total de la muestra Wh	5500	gr
% de la Fracción gruesa	55,82%	
% de la Fracción fina	44,18%	
Peso de la fracción gruesa	3070,1	gr
Peso de la fracción fina	2429,9	gr

Nro	Molde		
	15	29	28
Peso	6408	6368	6837
Diámetro	15,2	15,2	15,2
Altura	12,6	12,6	12,6
Volumen	2286,38	2286,38	2286,38

Peso del material húmedo	722	gr
Peso del material seco	710	gr
%W del material	1,69	%
Peso seco Ws	5408,59	gr

$$\%W = \frac{Ww}{Ws} \times 100$$

$$\%W = \frac{(\text{Peso del material húmedo} - \text{Peso del material seco})}{\text{Peso del material seco}} \times 100$$

$$WS = \frac{WH}{1 + \frac{\%W_{del\ material}}{100}}$$

%Wóptimo	12	
Ww	557,62	cc

$$\%W = \frac{Ww}{Ws} \times 100$$

$$Ww = \frac{\%W \times Ws}{100}$$

$$Ww = \frac{(\%W_{\text{óptimo}} - \%W_{\text{Material}}) \times Ws}{100}$$

5% de cloruro de sodio	270,429	gr
------------------------	---------	----

Nro Molde	56 golpes		25 golpes		12 golpes	
	15	G	29	T2	28	20
Nro del Tarro	2I	G	CH	T2	JD	20
Peso del Tarro	69,90	62,60	65,70	43,10	65,30	64,40
Peso del Tarro + M. Húmeda	214,05	245,90	204,68	168,62	241,86	259,40
Peso del Tarro + M. Seca	200,83	229,68	191,24	155,47	223,53	239,04
Peso del Molde + M. Húmeda	11372,50		11151,50		10977,00	
Peso del Molde + M. Húmeda luego de los 4 días	11572,00		11381,50		11715,50	
Precisión	2,00		0,00		0,00	

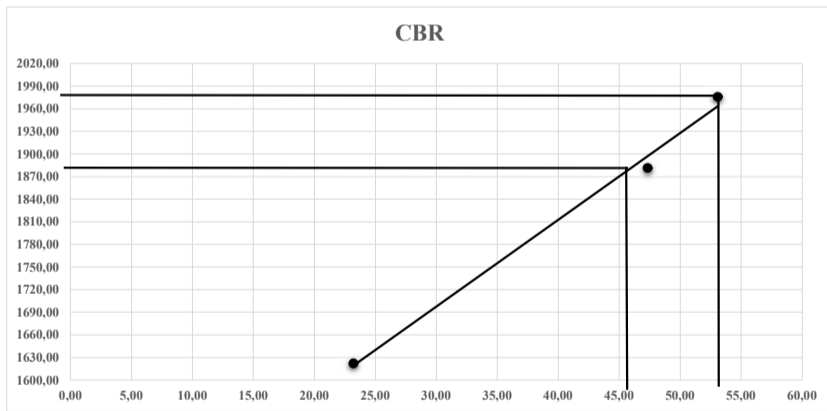
Deformación	Lectura de Dial	Lectura de Dial	Lectura de Dial
0	0,00	0,00	0,00
25	19,00	13,00	21,00
50	54,00	38,00	46,00
75	101,00	66,00	89,00
100	164,00	110,00	141,00
150	295,00	215,00	234,00
200	429,00	345,00	336,00
250	551,00	483,00	435,00
300	668,00	644,00	546,00
400	904,00	931,00	743,00
500	1147,00	1177,00	935,00

Nro del Tarro	2I	G	CH	T2	JD	20
Peso del Tarro	69,90	62,60	65,70	43,10	65,30	64,40
Peso del Tarro + M. Húmeda	254,10	224,60	239,50	186,30	241,50	207,60
Peso del Tarro + M. Seca	237,55	210,28	222,20	172,68	223,12	194,07

YH	2171,340		2092,176		1810,726	
%H	10,097	9,708	10,706	11,702	11,584	11,658
	9,902		11,204		11,621	

Densidad seca

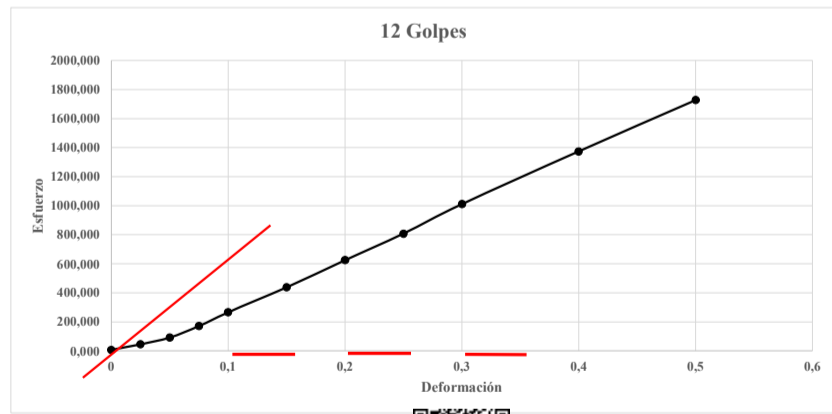
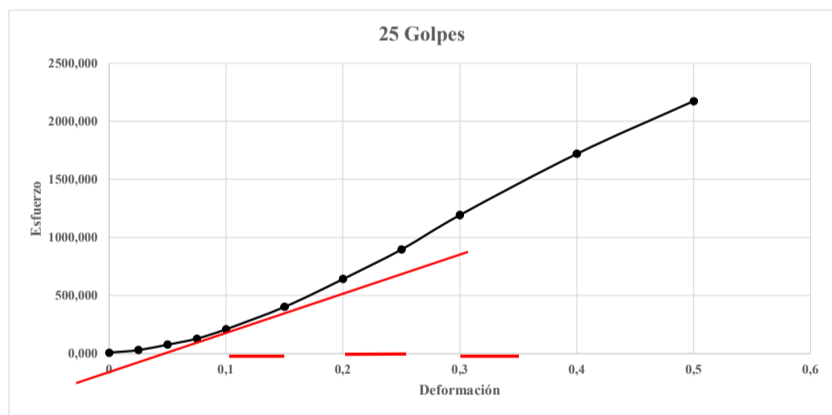
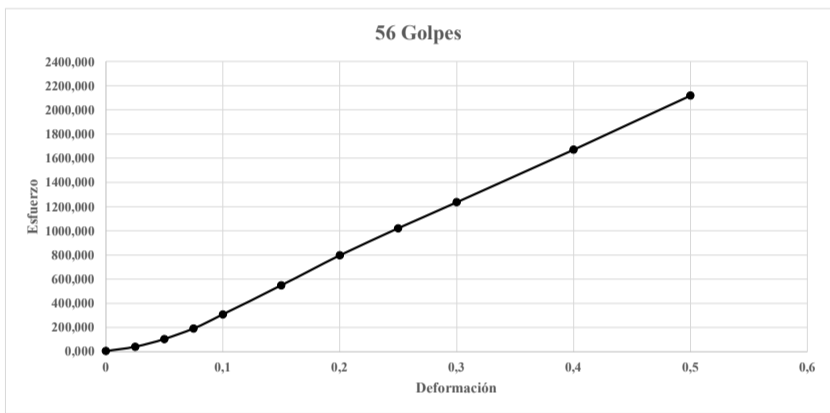
Yd	1975,70	1881,38	1622,20
CBR	53,08	47,33	23,20



95% 1876,913

Cargas en libras		
CARGA 56 GOLPES	CARGA 25 GOLPES	CARGA 12 GOLPES
20,29	20,29	20,29
128,704	94,468	140,116
328,414	237,118	282,766
596,596	396,886	528,124
956,074	647,95	824,836
1703,56	1247,08	1355,494
2468,164	1988,86	1937,506
3164,296	2776,288	2502,4
3831,898	3694,954	3135,766
5178,514	5332,576	4259,848
6565,072	6736,252	5355,4

Esfuerzos Lb/plg2												
Deformación en pulgadas	Esfuerzo 56 golpes	Esfuerzo estándar	Corregida	CBR	Esfuerzo 25 golpes	Esfuerzo estándar	Corregida	CBR	Esfuerzo 12 golpes	Esfuerzo estándar	Corregida	CBR
0	6,545				6,545				6,545			
0,025	41,517				30,474				45,199			
0,05	105,940				76,490				91,215			
0,075	192,450				128,028				170,363			
0,1	308,411	1000,000	308,411	30,841	209,016	1000,000	382,000	38,200	266,076	1000,000	220,000	22,000
0,15	549,535				402,284				437,256			
0,2	796,182	1500,000	796,182	53,079	641,568	1500,000	710,000	47,333	625,002	1500,000	348,000	23,200
0,25	1020,741				895,577				807,226			
0,3	1236,096	1900,000	1236,096	65,058	1191,921	1900,000	1200,000	63,158	1011,537	1900,000	410,000	21,579
0,4	1670,488				1720,186				1374,145			
0,5	2117,765				2172,985				1727,548			



Firmado electrónicamente por:
JUAN DOMINGO MONGE
GUAMAN

LABORATORISTA

Pesos de la muestra		
Peso total de la muestra Wh	5500	gr
% de la Fracción gruesa	55,82%	
% de la Fracción fina	44,18%	
Peso de la fracción gruesa	3070,1	gr
Peso de la fracción fina	2429,9	gr

Molde			
Nro	15	29	28
Peso	6408	6368	6837
Diámetro	15,2	15,2	15,2
Altura	12,6	12,6	12,6
Volumen	2286,38	2286,38	2286,38

Peso del material húmedo	338	gr
Peso del material seco	333	gr
%W del material	1,50	%

Peso seco Ws	5418,64	gr
--------------	---------	----

%Wóptimo	12	
Ww	568,88	cc

10% de cloruro de sodio	541,8639053	gr
-------------------------	-------------	----

$$\%W = \frac{Ww}{Ws} \times 100$$

$$\%W = \frac{(\text{Peso del material húmedo} - \text{Peso del material seco})}{\text{Peso del material seco}} \times 100$$

$$WS = \frac{WH}{1 + \frac{\%W_{del\ material}}{100}}$$

$$\%W = \frac{Ww}{Ws} \times 100$$

$$Ww = \frac{\%W \times Ws}{100}$$

$$Ww = \frac{(\%W_{\text{óptimo}} - \%W_{\text{Material}}) \times Ws}{100}$$

Nro Molde	56 golpes		25 golpes		12 golpes	
	15	G	CH	T2	JD	20
Nro del Tarro	21	G	CH	T2	JD	20
Peso del Tarro	69,90	62,60	65,70	43,10	65,30	64,40
Peso del Tarro + M. Húmeda	260,30	280,80	252,97	197,21	244,92	287,89
Peso del Tarro + M. Seca	240,02	258,14	234,19	181,06	226,57	266,43
Peso del Molde + M. Húmeda	11523,00		11388,00		11184,50	
Peso del Molde + M. Húmeda luego de los 4 días	11532,50		11504,00		11863,00	
Precisión	2,00		0,00		0,00	

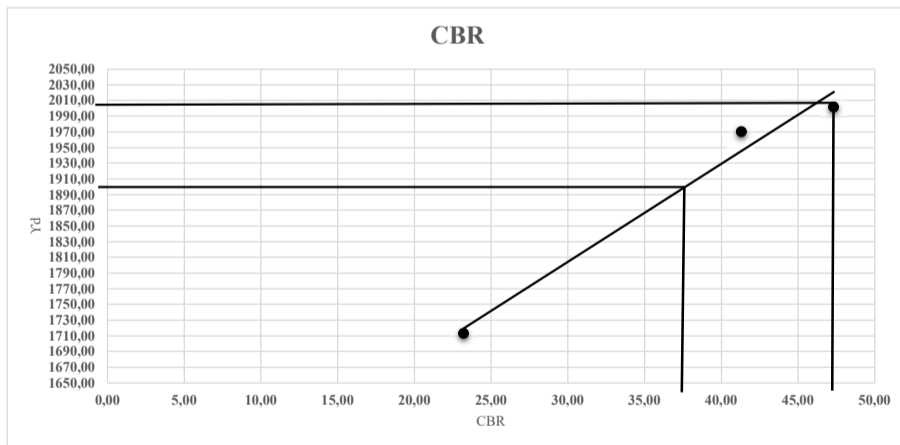
Deformación	Lectura de Dial	Lectura de Dial	Lectura de Dial
0	0,00	0,00	0,00
25	18,00	17,00	24,00
50	42,00	35,00	63,00
75	75,00	60,00	89,00
100	120,00	92,00	113,00
150	223,00	164,00	148,00
200	333,00	261,00	182,00
250	451,00	349,00	194,00
300	565,00	445,00	211,00
400	796,00	626,00	319,00
500	997,00	785,00	414,00

Nro del Tarro	21	G	CH	T2	JD	20
Peso del Tarro	69,90	62,60	65,70	43,10	65,30	64,40
Peso del Tarro + M. Húmeda	203,06	212,90	225,05	179,10	241,02	192,69
Peso del Tarro + M. Seca	189,90	198,40	210,30	165,6	223,80	180,30

YH	2237,165		2195,615		1901,481	
%H	11,921	11,588	11,146	11,706	11,378	10,622
	11,755		11,426		11,000	

Densidad seca

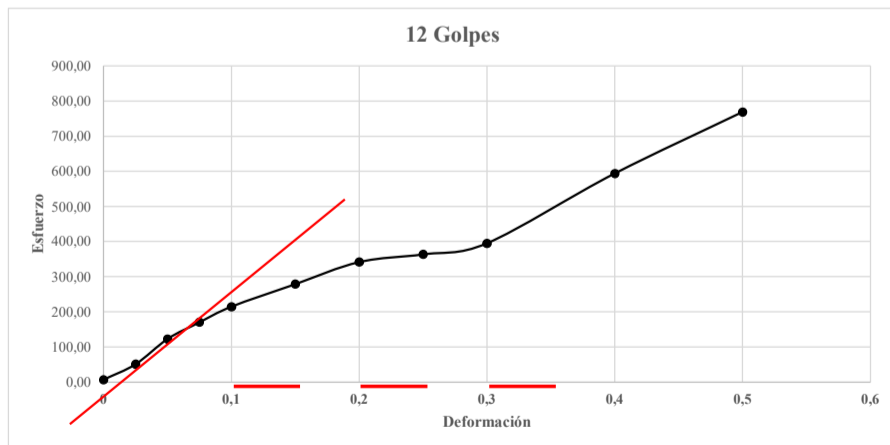
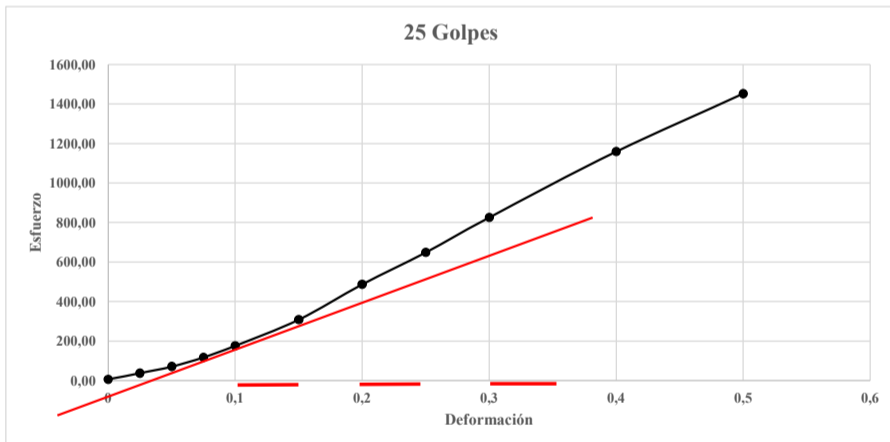
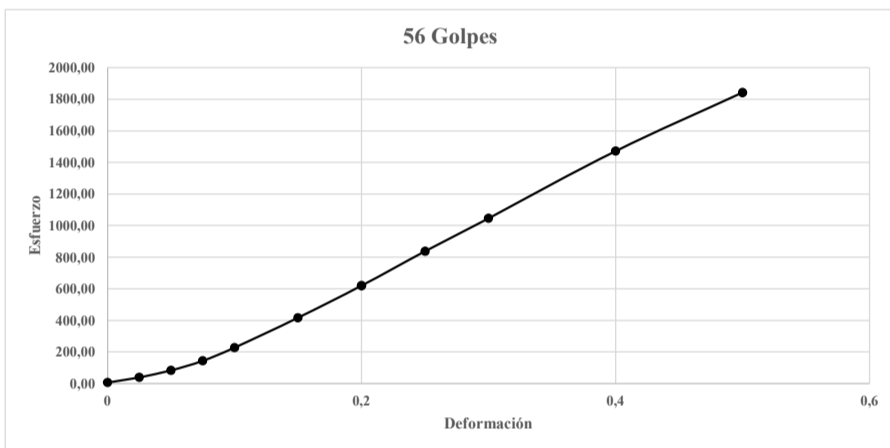
Yd	2001,85	1970,47	1713,04
CBR	47,33	41,30	23,20



95% 1901,760

Cargas en libras		
CARGA 56 GOLPES	CARGA 25 GOLPES	CARGA 12 GOLPES
20,29	20,29	20,29
123,0142	117,3073	157,2556
259,9798	220,0315	379,8247
448,3075	362,704	528,2041
705,118	545,3248	665,1697
1292,9287	956,2216	864,9112
1920,6877	1509,7909	1058,9458
2594,1019	2011,9981	1127,4286
3244,6885	2559,8605	1224,4459
4562,9824	3592,8094	1840,7911
5710,0693	4500,2065	2382,9466

Esfuerzos Lb/plg2												
Deformación en pulgadas	Esfuerzo 56 golpes	Esfuerzo estándar	Corregida	CBR	Esfuerzo 25 golpes	Esfuerzo estándar	Corregida	CBR	Esfuerzo 12 golpes	Esfuerzo estándar	Corregida	CBR
0	6,55				6,55				6,55			
0,025	39,68				37,84				50,73			
0,05	83,86				70,98				122,52			
0,075	144,62				117,00				170,39			
0,1	227,46	1000,00	227,46	22,75	175,91	1000,00	382,00	38,20	214,57	1000,00	220,00	22,00
0,15	417,07				308,46				279,00			
0,2	619,58	1500,00	710,00	47,33	487,03	1500,00	619,57	41,30	341,60	1500,00	348,00	23,20
0,25	836,81				649,03				363,69			
0,3	1046,67	1900,00	1046,67	55,09	825,76	1900,00	1200,00	63,16	394,98	1900,00	410,00	21,58
0,4	1471,93				1158,97				593,80			
0,5	1841,96				1451,68				768,69			



Firmado electrónicamente por:
JUAN DOMINGO MONGE
 GUAMAN

LABORATORISTA

wH	529,5
wS	520,5
wW	9
%W	1,729106628

wH	2500	gr
WS	2457,51	
%óptimo	12	
wW	252,41	cc

Molde	
Peso	4660 gr
Diametro	10,1 cm
Altura	11,6 cm
Volumen	929,37 cm ³

Cantidad de NaCl (0,0043%)	
Fondo	0,1043
NEVI	24
wS	2457,507082
NaCl	10,67991619 gr

Cantidad de NaCl (5%)	
	122,88 gr

Cantidad de NaCl (10%)	
	245,75 gr

Toma de pesos desde el 31 de Octubre al 21 de Noviembre (Cada martes)

Porcentajes	PESOS (gr)				%W	Variacion de humedad	Humedad actual	Promedio
	1era semana	2da semana	3ra semana	4ta semana				
0,0000%	1983	1812,5	1795	1791,5	170,5	9,41	2,59	3,61
	1963,5	1828,5	1807	1803,5	135	7,38	4,62	
0,0043%	1975	1832,5	1809,5	1800,5	142,5	7,78	4,22	4,75
	1991,5	1866	1843	1834	125,5	6,73	5,27	
5,0000%	2036	2005,5	2015	2011	30,5	1,52	10,48	10,52
	2049,5	2020,5	1999	1994	29	1,44	10,56	
10,0000%	2001	1953,5	1963,5	1959	47,5	2,43	9,57	10,31
	1988,5	1970	1946,5	1940,5	18,5	0,94	11,06	

0% de Cloruro de Sodio:

1		2		3		4									
Ws1	1770,54	Ws2	1753,13	Ws1	1770,54	Ws2	1753,13	Ws1	1770,54	Ws2	1753,13	Ws1	1770,54	Ws2	1753,13
%W1	12%	%W2	12%	%W1	2%	%W2	4%	%W1	1%	%W2	3%	%W1	1%	%W2	3%
Promedio	12%			Promedio	3%			Promedio	2%			Promedio	2%		

0,0043% de Cloruro de Sodio:

1		2		3		4									
Ws1	1763,39	Ws2	1778,13	Ws1	1763,39	Ws2	1778,13	Ws1	1763,39	Ws2	1778,13	Ws1	1763,39	Ws2	1778,13
%W1	12%	%W2	12%	%W1	4%	%W2	5%	%W1	3%	%W2	4%	%W1	2%	%W2	3%
Promedio	12%			Promedio	4%			Promedio	3%			Promedio	3%		

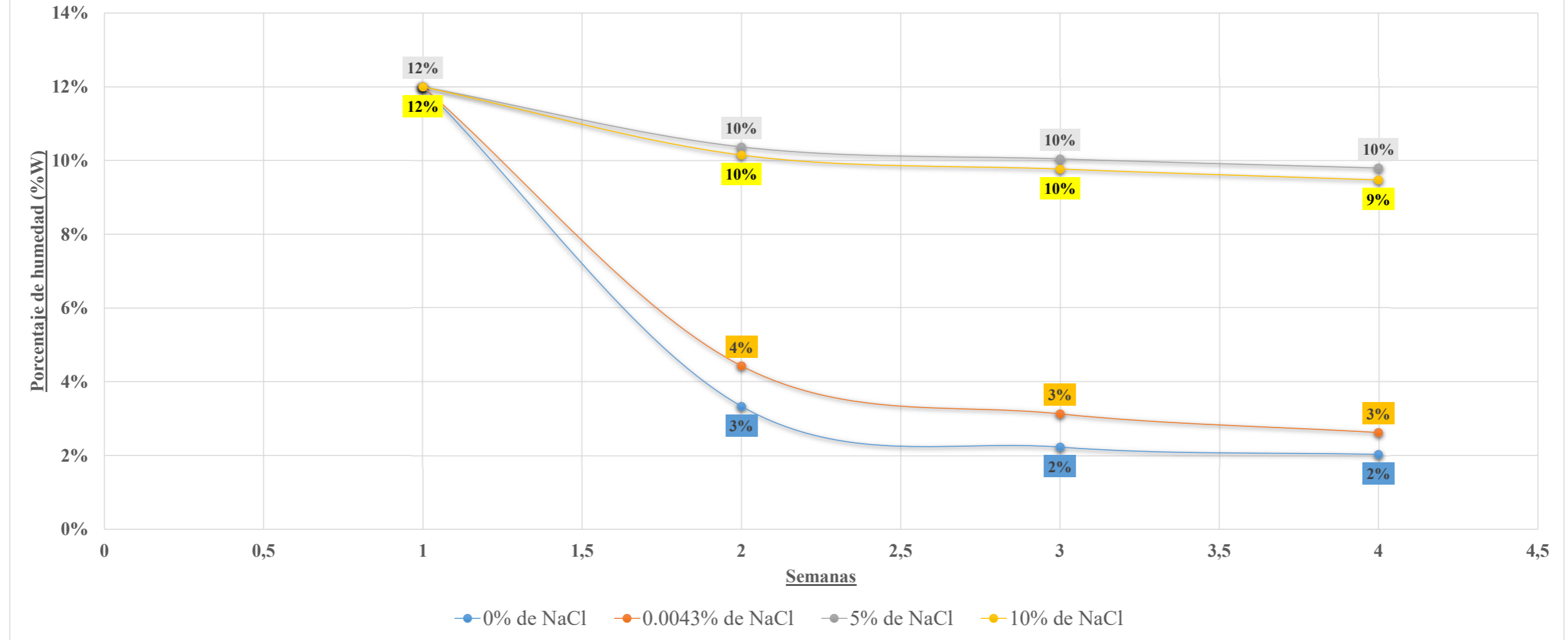
5% de Cloruro de Sodio:

1		2		3		4									
Ws1	1817,86	Ws2	1829,91	Ws1	1817,86	Ws2	1829,91	Ws1	1817,86	Ws2	1829,91	Ws1	1817,86	Ws2	1829,91
%W1	12%	%W2	12%	%W1	10%	%W2	10%	%W1	11%	%W2	9%	%W1	11%	%W2	9%
Promedio	12%			Promedio	10%			Promedio	10%			Promedio	10%		

10% de Cloruro de Sodio:

1		2		3		4									
Ws1	1786,61	Ws2	1775,45	Ws1	1786,61	Ws2	1775,45	Ws1	1786,61	Ws2	1775,45	Ws1	1786,61	Ws2	1775,45
%W1	12%	%W2	12%	%W1	9%	%W2	11%	%W1	10%	%W2	10%	%W1	10%	%W2	9%
Promedio	12%			Promedio	10%			Promedio	10%			Promedio	9%		

Porcentaje de humedad (%W) vs Semanas



Firmado electrónicamente por:
JUAN DOMINGO MONGE
GUAMAN

LABORATORISTA

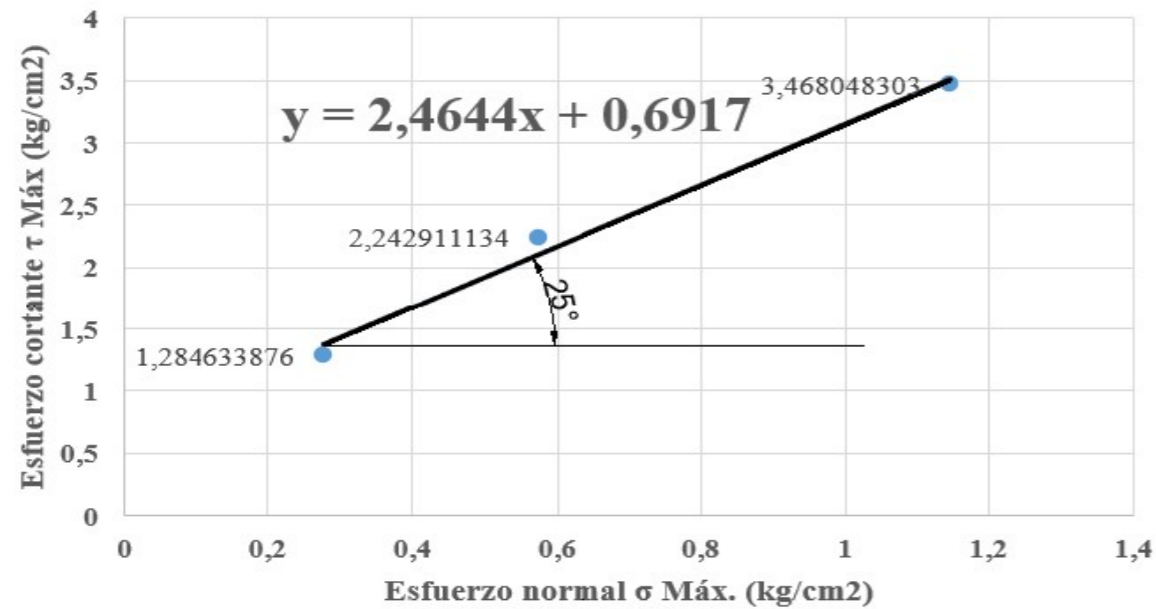


UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
CORTE DIRECTO 5% NaCl

Muestra	Carga normal (kg)	Carga normal Max. Relación 1:10 (kg)	Carga cortante Max. (N)	Desplazamiento horizontal	Lado promedio de la muestra (cm)	Área de la muestra
1	1	10	455	4,54	6,24	38,94
2	2	20	766,4	6,58	6,24	38,94
3	4	40	1188	6,44	6,24	38,94

Muestra	Área corregida de la muestra (cm2)	Deformación unitaria	Esfuerzo normal σ Máx. (kg/cm2)	Esfuerzo cortante τ Máx (kg/cm2)
1	36,10	7,27	0,28	1,28
2	34,83	10,54	0,57	2,24
3	34,92	10,32	1,15	3,47

Parámetro	
Cohesión (C) (kg/cm2)	0,6917
ϕ (°)	25



LABORATORISTA

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS CON LA APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO COMO TÉCNICA DE CONSERVACIÓN VIAL

PRESUPUESTO						
Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	502160	Conformación de la subrasante con material de mejoramiento no estabilizado	m3	1	16,75	16,75
2	502161	Conformación de la subrasante con material de mejoramiento estabilizado con cloruro de sodio	m3	1	16,97	16,97

NOMBRE DEL OFERENTE: UNIVERSIDAD CATÓLICA

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS CON LA APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO COMO TÉCNICA DE CONSERVACIÓN VIAL

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 1 de 2

RUBRO: Conformación de la subrasante con material de mejoramiento no estabilizado

UNIDAD: m3

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Motoniveladora	1	40	40	0,032	1,28
Tanquero distribuidor de agua	1	30	30	0,032	0,96
Rodillo liso Vibratorio	1	30	30	0,032	0,96
Herramienta menor	0,02	0,1	0,002	2	0,004
SUBTOTAL M					3,204
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	4,05	4,05	0,032	0,13
Op.Gr.1 - Motoniveladora	1	4,65	4,65	0,032	0,149
Op.Gr.2 - Rodillo Autopropulsado	1	4,42	4,42	0,032	0,141
Ayudante de maquinaria (Estr.Oc.D2)	1	4,26	4,26	0,032	0,136
Chofer: Tanquero (Estructura Oc C1)	1	6,08	6,08	0,032	0,195
SUBTOTAL N					0,751
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Agua	Gln	0,8	0,003	0,002	
Material de mejoramiento puesto en obra	m3	1	10	10	
SUBTOTAL O					10,002
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					13,957
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					2,791
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					16,748
VALOR OFERTADO					16,75

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

NOMBRE DEL OFERENTE: UNIVERSIDAD CATÓLICA

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS CON LA APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO COMO TÉCNICA DE CONSERVACIÓN VIAL

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 2 de 2

RUBRO: Conformación de la subrasante con material de mejoramiento estabilizado con cloruro de sodio

UNIDAD: m3

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Motoniveladora	1	40	40	0,032	1,28
Tanquero distribuidor de agua	1	30	30	0,032	0,96
Rodillo liso Vibratorio	1	30	30	0,032	0,96
Herramienta menor	0,2	0,1	0,02	0,032	0,001
SUBTOTAL M					3,201
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	4,05	4,05	0,032	0,13
Op.Gr.1 - Motoniveladora	1	4,65	4,65	0,032	0,149
Op.Gr.2 - Rodillo Autopropulsado	1	4,42	4,42	0,032	0,141
Ayudante de maquinaria (Estr.Oc.D2)	1	4,26	4,26	0,032	0,136
Chofer: Tanquero (Estructura Oc C1)	1	6,08	6,08	0,032	0,195
SUBTOTAL N					0,751
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Cloruro de sodio diluido en agua	Gln	0,8	0,24	0,192	
Material de mejoramiento puesto en obra	m3	1	10	10	
SUBTOTAL O					10,192
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					14,144
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					2,829
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					16,973
VALOR OFERTADO					16,97


ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros, James Hernán Serpa Ochoa y José Oswaldo Arévalo Fernández portadores de las cédulas de ciudadanía N.º 0350149761 y 0302022199. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del Proyecto de titulación “Estabilización de suelos no cohesivos con la aplicación de cloruro de sodio como técnica de conservación vial” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 13 de marzo de 2024

F: 
James Hernán Serpa Ochoa
0350149761

F: 
José Oswaldo Arévalo Fernández
0302022199