



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO -
ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO
LÍQUIDO RC- 250 AL 2%, 4% Y 6%”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Cristhian Aaron Gamero Valencia

Asesor:

Ing. Alejandro Cubas Becerra

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

A Dios, quien me dio la fe, la fortaleza, la salud e inspiró; para la conclusión de esta tesis. A mi familia, quienes por ellos soy lo que soy, quienes me brindan su amor, su estímulo y apoyo constante.

A mis padres y mi hermano, quienes me dedicaron vida, educación, apoyo y consejos; quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer, para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

A mis amigos, compañeros y todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a Dios, por permitirme tener tan buena experiencia dentro de mi universidad; gracias a la Universidad Privada del Norte, por permitirme convertirme en un profesional, en lo que tanto me apasiona.

Gracias a mis padres, por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día creer en mí y en mis expectativas, por siempre desear y anhelar lo mejor para mi vida. De igual manera agradecer a mi asesor de tesis el Ing. Cubas Becerra Alejandro, por la orientación y ayuda que me brindó para la realización de esta tesis, por su amistad, sus conocimientos, su persistencia y su motivación han sido fundamental para mi formación como investigador.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo. A lo largo de mi carrera.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	6
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	26
CAPÍTULO III. RESULTADOS	52
3.1 Contenido de humedad	52
3.2 Análisis granulométrico	52
3.3 Peso específico.....	54
3.4 Ensayo de límite líquido y limite Plástico.....	54
3.5 Clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos).....	55
3.6 Clasificación AASHTO	56
3.7 Ensayo de proctor modificado.....	57
3.8 Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)	58
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	59
4.1.1 Descripción del suelo.....	59
4.1.2 Proctor modificado	59
4.1.3 Ensayo de CBR	61
REFERENCIAS.....	65
ANEXOS.....	67
Panel Fotográfico	68
Operacionalización de variables.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Contenido de asfalto para estabilizar	24
Tabla N° 2: Tabla de muestra	26
Tabla N° 3 : Coordenadas de ubicación calicata	28
Tabla N° 4 : Tabla de clasificación de suelos SUCS	43
Tabla N° 5 : Tabla de clasificación de suelos AASHTO	45
Tabla N° 6: Métodos de proctor modificado	48
Tabla N° 7: Resultado de granulometría en seco	52
Tabla N° 8: Resultado de granulometría por lavado.....	53
Tabla N° 9: Resultados de proctor modificado	57
Tabla N° 10: Resultados de ensayo de hinchamiento.....	58
Tabla N° 11: Resultados de ensayo carga – penetración.....	58
Tabla N° 12: Resultados de índice de CBR.....	58
Tabla N°13: Operacionalización de variables.....	79

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 : Contenido de humedad	36
Ecuación 2 : Analisis granulometrico peso retenido	36
Ecuación 3 : Analisis granulometrico peso retenido	37
Ecuación 4 : Coeficiente de uniformidad	37
Ecuación 5 : Peso específico	38
Ecuación 6 : Indice de grupo	42
Ecuación 7: Densidad seca	47
Ecuación 8 : Índice de CBR	51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Curva de análisis granulométrica en seco.....	53
Gráfico N° 2: Curva de análisis granulométrico por lavado.....	54
Gráfico N° 3: Límite líquido con muestra patrón	55
Gráfico N° 4 : Clasificación de suelos según SUCS	56
Gráfico N° 5: Curva de compactación.....	57
Gráfico N° 6 : Comparación densidad seca máxima.	60
Gráfico N° 7: contenido de humedad óptima	60
Gráfico N° 8: Comparación de índice de CBR al 0.1’’	62
Gráfico N° 9 : Comparación de índice de CBR al 0.2’’	62
Gráfico N° 10: Curva De CBR- % asfalto RC 250	63
Gráfico N° 11: Relación del porcentaje de hinchamiento - asfalto RC- 250	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras N° 1: Estabilización de base con asfalto	23
Figura N° 2: Ubicación de la calicata.....	28
Figura N° 3: Acceso a la calicata.....	29
Figura N° 4: Detalle de la calicata profundidad 1.50 m.....	29
Figura N° 5: Calle Nicolás Arriola, ubicación de calicata	68
Figura N° 6: Identificación y recolección de la calicata a 1.50 m de profundidad.....	69
Figura N° 7: Preparación de la muestra para contenido de humedad	70
Figura N° 8: Determinación del peso seco del material húmedo	71
Figura N° 9: Tesista realizando la granulometría	72
Figura N° 10: Se observa al Tesista en la Toma de datos de granulometría	73
Figura N° 11: Tesista realizando el ensayo de límite líquido	74
Figura N° 12: Muestras de límite plástico	75
Figura N° 13: Peso de muestras de límite líquido y plástico	76
Figura N° 14: Peso específico	77
Figura N° 15: Asfalto Rc-250 mezclado uniformemente con la muestra.....	78
Figura N° 16: Tesista realizando ensayo de Proctor Modificado.....	79
Figura N° 17:: se observa muestra mezclada con asfalto RC -250.....	80
Figura N° 18: Muestra de CBR a 13 , 27 , 56 golpes	81
Figura N° 19: Se observa el peso de la muestra de ensayo de CBR con asfalto RC-250	82
Figura N° 20: se observa las muestras sumergidas por 96 horas para ensayo de hinchamiento	83
Figura N° 21: Tesista en el ensayo de Penetración Estándar.....	84
Figura N° 22: Se observa al técnico de laboratorio realizando el ensayo de penetración	85
Figura N° 23: se observa la muestra después de realizar el ensayo de penetración.....	86

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es donde se determinó la capacidad portante (CBR) de un suelo areno arcilloso con la incorporación de asfalto líquido RC -250 al 2% 4% y 6%. Para el desarrollo de la presente investigación en primer lugar se obtuvieron las muestras de suelo obtenida en el Jr. Nicolás Arriola de la ciudad de Cajamarca, posteriormente se analizaron las muestras en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte de Cajamarca. Para determinar la clasificación del suelo se realizaron los siguientes ensayos: contenido de humedad, peso específico, ensayo granulométrico y límites de Atterberg donde se clasificó con una simbología SC y A-2-6 según SUCS Y AASHTO que se describe como suelo de plasticidad baja a media con grava, arcillas arenosas. Luego se incorporó el asfalto RC- 250 en diferentes porcentajes procediendo a realizar el siguiente ensayo de compactación Proctor modificado y California Bearing Ratio (CBR), los datos obtenidos en los ensayos mencionados se analizaron para determinar las propiedades mecánicas de las muestras de suelo, se obtuvo los siguientes resultados: con la muestra patrón y la incorporación de asfalto RC - 250 al 2% , 4% y 6% se obtuvo un índice de CBR al 0.1 “de 5.8%, 9.01%, 11.00% y 12.2% y para un índice CBR al 0.2” se obtuvo 5.40%, 9.2%, 11.5% y 12.4% respectivamente . Con la adición del asfalto de RC -250 en porcentajes de 2%, 4% Y 6% el suelo extraído logró un aumento progresivamente del índice de CBR hasta un 200% en comparación a la muestra patrón.

Palabras clave: Muestra de suelo, Areno-arcilloso, Asfalto RC -250, Proctor modificado, Índice de CBR.

ABSTRACT

The objective of this investigation is where the bearing capacity (CBR) of a clay sandy soil was determined with the incorporation of liquid asphalt RC -250 at 2% 4% and 6%. For the development of the present investigation, the soil samples obtained in Jr. Nicolás Arriola of the city of Cajamarca were first obtained, the samples were subsequently analyzed in the laboratory of the Private University of North Cajamarca. To determine the classification of the soil, the following tests were carried out: moisture content, specific weight, granulometric test and Atterberg limits where it was classified with an SC and A-2-6 symbology according to SUCS and AASHTO which is described as low plasticity soil half with gravel, sandy clays. The RC-250 asphalt was then incorporated in different percentages by performing the following modified Proctor compaction test and California Bearing Ratio (CBR), the data obtained in the aforementioned tests were analyzed to determine the mechanical properties of the soil sample, obtained the following results: with the standard sample and the incorporation of 2%, 4% and 6% RC-250 asphalt, a CBR index at 01 “of 5.8%, 9.01%, 11.00% and 12.2% was obtained and for a 0.2 ”CBR index was 5.40%, 9.2%, 11.5% and 12.4% respectively. With the addition of the asphalt of RC -250 in percentages of 2%, 4% and 6%, the soil extracted progressively increased the CBR index up to 200% compared to the standard sample.

Keywords: Soil sample, Areno-clay, Asphalt RC -250, Proctor modified, CBR index.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En los tiempos recientes el problema de suelos expansivos en el mundo ha alcanzado notoriedad, debido a su extensión y al impacto económico de sus daños. Dicho problema empezó a ser reconocido a fines de los años 30. Debido a la utilización de construcciones de albañilería y el agrietamiento producido en dichas construcciones por el efecto del suelo expansivo. También se notó el problema en las construcciones hidráulicas. El incremento de las construcciones en zonas áridas después de la segunda guerra mundial ha incrementado considerablemente los daños en estructuras construida sobre arcillas expansivas (Rojas y Alva, 2005).

López (2010) publicó en la revista iberoamericana de polímeros, el artículo “Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas “, se basa en diferentes soluciones para reducir el cambio volumétrico de las arcillas; algunos métodos modifican las características físico-químicas de las arcillas, agregando diferentes materiales que estabilizan el volumen de las mismas, que son la cal, cemento hidráulico, fosfatos, sales de aluminio y recientemente, los polímeros.

Esta investigación utiliza un poliuretano, que comúnmente se aplica para sellado de grietas en la construcción. Dicho polímero se aplicó en un 10 % en la estabilización de cambios volumétricos de suelos expansivos. Se consideraron muestras remoldadas de suelo natural y suelo tratado con polímero; en ambas muestras se determinaron propiedades índices, compactación, resistencia al esfuerzo cortante, expansión y consolidación; pruebas que determinaron si es factible la utilización de dicho polímero. El resultado más significativo en esta investigación es el que se refiere a la expansión.

Las pruebas muestran que la mezclas suelo-polímero reducen la expansión en, aproximadamente, el 40%, respecto a la del suelo natural.

Almeida y Sánchez (2011) en su tesis llamada “ Estabilización de suelos con el uso de emulsiones asfálticas catiónicas de rotura lenta “, estudiaron la vía las mercedes- puerto nuevo en la Provincia de santo domingo de las Tsáchilas aplicando emulsiones asfálticas catiónicas de rotura lenta CSS-1h, en la estabilización de suelos tipo: limo elásticos arenosos (MH) arenas limos (SM) y limo arenosos (ML) de sub rasante donde hizo ensayos de capacidad de soporte del suelo (CBR) al suelo natural y al suelo con porcentajes al 5% y 10% de emulsión asfáltica con una humedad óptima que varía entre 25.30 y 33.00 % y la densidad seca máxima que oscilan entre 1.332 y 1.397 gr/cm³, tuvo como resultado que los ensayos realizados con la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta (CSS-1h) en diferentes porcentajes , el CBR del suelo natural para una penetración de 0.1” oscilan entre 9.70 a 11.80 y para una penetración de 0.2” oscilan entre 11.80 a 13.60. Considerados esos valores para una subrasante como regular, la mezcla suelo-emulsión no se forma una película homogénea de la emulsión asfáltica sobre el suelo que el porcentaje de absorción de agua disminuye cuando se aumenta el porcentaje de emulsión asfáltica siendo reflejado en la disminución de la permeabilidad.

En el Perú se ha determinado la existencia de arcillas expansivas cuyos cambios de volumen, están provocando una serie de problemas en las estructuras. Los suelos se encuentran en el norte nororiente del Perú (Piura, Chiclayo, Cajamarca y Bagua) y el sur del Perú (chíncha, pisco e Ica) (PNUD 2009). Los suelos arcillosos que tienen como fin ser la base de obras de ingeniería civil se tienen diversos problemas, uno de ellos es

su capacidad portante donde se recurre a estabilizar el suelo mediante métodos químicos, físicos y compactación cuando no cumple con los requisitos mínimos de resistencia o deformación.

García (2015) en su tesis denominada “ Determinación de la resistencia de la subrasante incorporando cal-estructural a un suelo arcilloso del sector 14 en Mollepampa de Cajamarca “ donde determino la resistencia de la sub rasante al incorporar cal estructural por medio del ensayo CBR teniendo así el ensayo al 0.1” con suelo natural un CBR de 5.20%,incorporando 2% de cal un CBR de 5.30%, incorporando 4% de cal un CBR de 6.30%, incorporando 6% un CBR de 7.20% ,incorporando 8% de cal un CBR de 8.05%; CBR al 0.2” con suelo natural un CBR de 5.40%, incorporando 2% de cal un CBR de 5.70%,incorporando 4% de cal un CBR de 6.60%, incorporando 6% de cal un CBR de 7.50 %, incorporando 8% de cal un CBR de 8.30%.

Higuera, Gómez Y Pardo (2012) publicó su artículo “caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio”, se basa en la estabilización de suelos aplicada al mejoramiento vial es una técnica constituye una de las mejores alternativas desde el punto funcional ambiental y económico, favoreciendo la utilización del suelo de la zona como parte de la estructura del pavimento. La estabilización de un suelo con cal representa una opción con grandes ventajas. A que se mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas del suelo, con un bajo valor de inversión.

Donde se ensayaron un total de 576 probetas cilíndricas de 9.95 cm de diámetro y 20.5 cm de altura elaboradas con una mezcla de un suelo residual fino granular (MH) y otro granular (base granular), mezclados en proporciones fino grueso de 0%/100%,

10%/90%, 20%/80%, 30%/70%, 40%/60% y 50%/50% en peso seco. Esta mezcla se efectuó con el fin sobre la estabilización con cal. Con cada una de las anteriores proporciones de suelo elaboraron seis probetas con cada una de las siguientes proporciones de cal: 3%, 6%, 9%, y 12 %, en peso seco compactándolas con la energía proctor modificado y con el contenido óptimo de humedad de la mezcla suelo- cal.

De acuerdo con los resultados de los ensayos de compresión simple y de tracción indirecta que se hizo se apreció que el contenido de humedad se encuentra entre el 6% y el 9% en peso. Los ensayos de CBR concluyen que la capacidad de soporte del suelo estabilizado con cal aumenta aproximadamente en un 200 % respecto al valor determinado sobre el suelo sin adiciones aun con cortos periodos de curado y sumergidos.

Ravines (2010) en su tesis llamada “Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras” evaluó un producto relativamente nuevo en el mercado: Perma-Zyme 22X. Este es un aditivo a base enzimas orgánicas que se vende como posible mejorador de la estabilidad de suelos y permitiría incrementar la resistencia de suelos finos plásticos - arcillosos.

Las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Universidad de Piura con base en la Norma Técnica Peruana adecuada para cada ensayo realizado. El estudio se centra en un solo tipo de suelo y las variaciones sufridas en sus propiedades mecánicas después del uso del aditivo químico.

Como resultado se obtiene el aumento del valor soporte relativo y de la resistencia. Se confirma una mejoría en los resultados de las pruebas CBR, con un aumento en los resultados de las pruebas de hasta el 200% en el material con aditivo con respecto al

material sin aditivo y los mejores resultados se dieron en aquellas probetas en la cuales se trabajó con la mayor concentración de aditivo y con la condición de 72 horas de secado antes de colocarlas en la poza de curado.

Chávez y Escalante (2015) en su tesis denominada “ Estabilización de suelos con emulsión asfáltica in situ en la AV. Prolongación Andrés Avelino Cáceres” estudiaron la estabilización de suelos con emulsión asfáltica in situ, el análisis comparativo pretendió demostrando la conveniencia económica y mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos con el uso de emulsión asfáltica como estabilizador y que para la avenida con un ESAL de diseño para un periodo de 10 años de 6.9×10^6 que se clasifica como una vía tp8 (clasificación del MTC) , La evaluación funcional indica que la vía tiene un nivel de serviciabilidad según la escala del PCI de 22 (muy pobre); estructuralmente el 50% del pavimento se encuentra en buen estado. Se puede concluir que la vía presenta fallas en la carpeta asfáltica debidas al tráfico y los materiales que la componen, nivel de serviciabilidad muy pobre y sub rasante de mediana a buena calidad

La base granular existente tiene valores de CBR de 94%, 88.5% y 87% para las calicatas 1,2 y 3 Respectivamente, el requisito para el tipo de tráfico de la vía es un CBR del 100%, sin embargo al utilizar la emulsión asfáltica como estabilizador los valores obtenidos de CBR son de 106%, 105% y 101%, superando el requerido, donde no fue necesario incorporar un material filler (cemento), debido a que la base granular existente tiene un pasante de la malla 200 del 18 %. En dicha investigación se concluyó que el CBR de una base granular estabilizada con emulsión asfáltica incrementa su valor en un 15% en promedio sobre la base granular existente sin estabilizador.

Suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres humanos (Crespo, 2004).

Es común creencia la de que el suelo es un agregado de partículas orgánicas e inorgánicas, no sujetas a ninguna organización, pero en realidad se trata de un conjunto con organización definida y propiedades que varían “vectorial mente. En la dirección vertical generalmente sus propiedades cambian mucho más rápidamente que en la horizontal. El suelo tiene perfil y este es un hecho del que se hace abundante aplicación (Juárez, 1999).

La palabra, suelo representa todo tipo de material terroso desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves. Quedan excluidas de la definición las rocas sanas, ígneas o metamórficas y los depósitos sedimentarios altamente cementados. Que no se ablanden o desintegren rápidamente por acción de la intemperie. El agua contenida juega un papel tan fundamental en el comportamiento mecánico del suelo, que debe considerarse como parte integral del mismo (Juárez, 1999).

Se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas con diámetro de 0.002 mm según las normas AASHTO y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclado con agua químicamente es un silicato de alúmina hidratado, aunque en ocasiones contiene también silicatos de hierro o de magnesio hidratados (Roldan,2010).

De hecho se puede decir que hay dos tipos de tales láminas: uno de ellos del tipo silícico y el otro del tipo aluminio.

Una lámina del tipo silícico se encuentra formada por un átomo de silicio rodeado de cuatro átomos de oxígeno, arreglándose el conjunto en forma de tetraedro. Estos tetraedro se agrupan entre si formando una unidad hexagonal, la cual se repite indefinidamente constituyendo una redícula laminar. La unión entre cada dos tetraedros se lleva a cabo mediante un mismo átomo de oxígeno. Algunas entidades consideran como arcillas a las partículas menores a 0002 mm (Crespo, 2004).

Las arcillas expansivas sufren cambios de volumen debido a las variaciones en su humedad adquirida por capilaridad y/o por infiltración. Cualquier construcción ligera asentada sobre este tipo de suelos experimentara deformaciones causadas por la expansión de la arcilla, dichos movimientos se traducen con grietas sobre muros y el levantamiento de pisos (López, Hernández y Horta, 2010).

Los daños producidos por el fenómeno de las arcillas expansivas son muy diversas afectando la funcionalidad y estética de las estructuras, llegando en algunos casos a situaciones de ruina y representa pérdidas que se pueden estimar en millones de dólares. Estudios recientes hablan que alrededor de los años de 1990 la cifra de estimación de daños en dólares por suelos expansivos es de \$10.0 billones de dólares aproximadamente, concentrándose los daños en los estados de Texas, Colorado, Oklahoma, Dakota del Norte Y Montana (Romero, 2008).

Los suelos disponibles para construir por lo general no cumplen los requisitos de resistencia, compresibilidad y permeabilidad, indispensables para su utilización como material de construcción o como para construir sobre ellos, por lo que la utilización de los métodos para la mejora de sus propiedades ingenieriles constituye una necesidad. La mejora del terreno se suele denominar frecuentemente estabilización, que, en su sentido más amplio, es la modificación del suelo para mejorar su comportamiento ingenieril: aumento de la resistencia, disminución de la compresibilidad y reducción de la permeabilidad (Zhañay 2009).

Según la normativa peruana la estabilización agrupa a un concepto general que considera el mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos y/o físico químicos. Se puede decir que la estabilización es el proceso mediante el cual se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento para corregir alguna deficiencia o alterar sus propiedades físicas o mecánicas, de modo que se incremente o mejore un suelo. Capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones de clima más severas dándole estabilidad en cualquier condición de tiempo y servicio (Fratelli, 1993).

La estabilización de suelos consiste en un tratamiento químico o mecánico para mejorar o mantener la estabilidad de una masa de suelo o para mejorar sus propiedades ingenieriles. La estabilización química consiste en alterar las propiedades del suelo usando un cierto aditivo, el cual mezclado con el suelo, normalmente produce un cambio en las propiedades moleculares superficiales de los granos del suelo y en algunos casos, pega los granos entre sí de modo de producir un incremento en su resistencia. La

estabilización mecánica es la alteración de las propiedades del suelo cambiando su granulometría por medio de agregar o sacar partículas o por compactación del suelo (Solminihac, Echeverria y Tenoux, 2012).

La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio cuando se estabiliza una sub base granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como sub base o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc.). La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación. El manual ilustra diferentes metodologías de estabilización como: mejoramiento por sustitución de suelos de la subrasante, estabilización mecánica de suelos, mejoramiento por combinación de suelos, suelos estabilizados con cal, cemento, escorias, emulsión asfáltica, estabilización química del suelo, estabilización con geosintéticos (geotextiles, geomallas u otros). Sin embargo, debe destacarse la significación que adquiere contar con ensayos de laboratorio, que demuestren la aptitud y tramos construidos que ratifiquen el buen resultado. Además, se debe garantizar que tanto la construcción como la conservación vial, puedan

realizarse en forma simple, económica y con el equipamiento disponible (MTC, Manual de carreteras).

La emulsión y los asfaltos rebajados son los productos más usados en estabilizaciones de suelos, pero se usan también alquitranes calentados a rebajados. Los rebajados más usados son los de fraguado lento y medio, pero en las arenas se han usado también los de fraguado rápido con éxito.

La mezcla de un suelo con un producto asfáltico puede tener como finalidad:

- Un aumento de su estabilidad por las características aglomerantes del ligante que envuelve las partículas del suelo.
- Una impermeabilización del suelo, haciéndolo menos sensible a los cambios de humedad y por tanto más estable en condiciones adversas.

La dosificación necesaria de ligante es función principalmente de la granulometría (superficie específica) del suelo. Los suelos más adecuados son los granulares con pocos finos, de reducida plasticidad, que presentan menos del 20% que pasa la malla N°200, $LL < 30$ e $IP < 10$.

El material asfáltico usualmente empleado son las emulsiones asfálticas y los asfaltos fluidificados de viscosidad media. La mezcla se hace con frecuencia in situ, y la elección del ligante asfáltico dependerá de la granulometría del suelo, de su contenido de humedad y de las condiciones climáticas. La granulometría puede ser abierta, cerrada con finos o cerrada sin finos, pero una mayor superficie específica exigirá un ligante de curado y rotura más lentos, para permitir una mezcla más adecuada. En zonas con temperaturas elevadas, también deberán usarse productos de curado y rotura más lentos, éstos podrán ser más viscosos.

En el caso de las estabilizaciones con emulsiones asfálticas se emplea un emulsificante, tal como un agente químico utilizado como emulsificante y definido como tenso activo o surfactante aniónico o catiónico, que determinará la clasificación de las emulsiones como aniónicas, catiónicas o no iónicas.

Este tipo de aglutinantes puede usarse casi con cualquier tipo de material aunque por economía se recomienda que se emplee en suelos gruesos o en materiales triturados que no presenten un alto índice de plasticidad; puede usarse también con las arcillas pero solo le procura impermeabilidad; además, para el caso de suelos plásticos, con otros productos se logra mayor eficiencia y economías (MTC manual de carreteras, 2004).

Asfaltos diluidos O CUT BACK Los Asfaltos diluidos son producto de la adición de algún destilado del petróleo al cemento asfáltico, resultando menos viscoso y por ello aplicable en zonas de baja temperatura. El solvente se pierde por evaporación quedando el cemento asfáltico sobre la superficie luego de su aplicación. Se dividen en tres tipos:

Curado Rápido (RC) – producto de la adición de un diluyente ligero de alta volatilidad (generalmente gasolina o nafta) en el cemento asfáltico. Se usa principalmente como capa ligante y tratamiento superficial.

Curado Medio (MC) – producto de la adición de un diluyente medio de volatilidad intermedia (generalmente kerosene) al cemento asfáltico.

Curado Lento (SC) – producto de la adición de aceites de baja volatilidad (generalmente diésel u otros gases aceitosos) en el cemento asfáltico.

Es importante que el material pétreo que se va a mejorar, presente cierta rugosidad para que exista un anclaje adecuado con la película asfáltica, situación que se agrava si el

material pétreo no es afín con el producto asfáltico. Algunos productos asfálticos contienen agua y si esto no se toma en cuenta se pueden presentar problemas muy serios al momento de compactar, la prueba que más comúnmente se emplea en el laboratorio para determinar el porcentaje adecuado de asfalto a utilizar se conoce como "prueba de valor soporte florida modificada" y el procedimiento consiste en elaborar especímenes de pétreos que presentan cierta humedad usando diferentes porcentajes de asfalto, se compactan con carga estática (MTC manual de carrete,2004).

El procedimiento constructivo se desarrolla de la manera siguiente: la capa a mejorar ya tiene que estar completamente terminada. No se debe hacer la estabilización cuando hay mucho viento, menos de 5° C o lluvia. Las estabilizaciones se ejecutarán cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a 15° C, no obstante, sí la temperatura ambiente tiene tendencia a aumentar, podrá fijarse en 10° C la temperatura límite inferior para poder ejecutar la mezcla; estos límites podrán ser rebajados en 5° C, cuando la aplicación del ligante se efectúe directamente en la máquina de una sola pasada o en la mezcladora de la planta fija.

La dosificación depende de la granulometría del suelo, suelos finos requieren mayor cantidad de asfalto, así suelos plásticos muy finos no pueden estabilizarse a un costo razonable debido a la dificultad para pulverizarlos y la cantidad de bitumen exigido. En general, la cantidad de asfalto utilizado varía entre un 4% y un 7% y en todo caso la suma de agua para compactación más el asfalto no debe exceder a la cantidad necesaria para llenar los vacíos de la mezcla compactada.

El proceso de curado en la estabilización con asfalto tiene una gran importancia, depende de muchas variables, como cantidad de asfalto aplicado, humedad y viento,

cantidad de lluvias y la temperatura ambiente; razón por la cual es fundamental considerar el curado de estas capas estabilizadas o tratadas con asfalto (MTC manual de carreteras ,2004).

Prácticamente todos los tipos de suelo responden a la estabilización con asfalto, incluyendo las arcillas más compresibles y activas, pero los mejores resultados se obtienen sin duda con arenas y con gravas arenosas, materiales a los que el asfalto de cohesión e impermeabilidad. La granulometría de los suelos no es esencial, pero generalmente se piden algunos requerimientos.

Figuras N° 1: Estabilización de base con asfalto



Fuente Emaze, 2016

La estabilización de cada suelo, debe ser investigada en forma independiente, a partir de la granulometría, plasticidad, densidad y otras propiedades del suelo. Para un peso específico del material igual a 1.64 gr/cm^3 , le debe corresponder 10% de asfalto y para

1.75 gr/cm³, no es necesaria su aplicación, tal como lo muestra a continuación el siguiente cuadro (RNE EC 020).

Tabla N° 1: Contenido de asfalto para estabilizar

Contenido de asfalto %	2	4	6	8	10
Peso específico del material (gr/cm³)	1.71	1.68	1.66	1.64	1.64

Fuente RNE EC 020

La región de Cajamarca presenta un alto índice de suelos arcillosos, Los suelos arcillosos son aquellos cuya composición presenta partículas menores de 0.002 mm según AASHTO, este tipo de suelos presentan un alto nivel de plasticidad y baja permeabilidad donde sufren cambios de volumen debido a su humedad adquirida por capilaridad y/o por infiltración, afectando así la capacidad portante y su índice de compactación que son propiedades importantes para la construcción de carreteras. Es necesario estabilizar dichos suelos para mejorar sus propiedades mecánicas. El material bituminoso según el RNE Es un químico que sirve como estabilizador mejorando sus propiedades físico – mecánicas.

En la presente investigación se extrajo las muestras de la calle no pavimentada Nicolás Arriola de la ciudad de Cajamarca que presenta según estudio de suelos, arenas arcillosas con un alto porcentaje de finos que ocasiona deformabilidad o cambios volumétricos a la zona. Las muestras de suelo extraída de la calle se adicionó el material bituminoso asfalto líquido RC -250 en diversos porcentajes para analizar mediante ensayos de compactación de proctor modificado, análisis de índice de CBR y así determinar si es factible solucionar el problema de la baja resistencia del suelo

mejorando su comportamiento estructural y sea una alternativa como estabilizador para aquella zona.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia del asfalto RC-250 adicionado en diferentes porcentajes, en la capacidad portante de la muestra de suelo areno arcilloso?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la capacidad portante de un suelo areno arcilloso con incorporación al 2%, 4% y 6% de asfalto rc-250.

1.3.2. Objetivos específicos

- Clasificar el suelo mediante sistemas unificado de clasificación de suelos (SUCS) y Asociación americana e oficiales de carreteras estatales y transportes (AASHTO) que cumpla con las características de ser areno arcilloso.
- Determinar el índice CBR de un suelo areno arcilloso con la incorporación de asfalto de 2%, 4% y 6%.
- Comparar las propiedades mecánicas de un suelo areno arcilloso y las propiedades mecánicas incorporado con asfalto RC -250 como estabilizante.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La capacidad portante (CBR) de un suelo areno arcilloso aumenta progresivamente en los porcentajes 2% ,4% y 6% de asfalto RC-250 incorporado.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Experimental.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población

Suelo areno - arcilloso extraído en la calle Nicolás Arriola para la adición de asfalto RC-250

2.2.2. Muestra (muestreo o selección).

Muestra de suelo areno –arcilloso extraído en la calle Nicolás Arriola para la adición de asfalto RC-250

Según la norma NTP.339.175. Se utilizó tres especímenes como estudio mínimo de suelo arcilloso sin incorporación de asfalto RC -250 para el ensayo se utilizó 3 especímenes como muestra patrón para el ensayo del índice California bearing ratio (CBR) y se utilizó 3 especímenes para cada incorporación de asfalto RC-250 para el ensayo del índice california bearing radio (CBR).

Tabla N° 2: Tabla de muestra

ENSAYOS	ESPECÍMENES
MUESTRA PATRÓN	3
CON 2% DE ASFALTO RC-250	3
CON 4% DE ASFALTO RC-250	3
CON 6% DE ASFALTO RC-250	3
TOTAL	12

- 5 moldes con la muestra patrón para el ensayo de proctor modificado.
- 5 moldes con la muestra con 2 % de asfalto para el ensayo de proctor modificado.
- 5 moldes con la muestra con 4% de asfalto para el ensayo de proctor modificado.
- 5 moldes con la muestra con 6% de asfalto para el ensayo de proctor modificado.
- 3 moldes con 13, 27 y 56 golpes con muestra patrón para el ensayo de CBR.
- 3 moldes con 13, 27 y 56 golpes con muestra con 2% de asfalto RC- 250 para el ensayo de CBR.
- 3 moldes con 13, 27 y 56 golpes con muestra con 4% de asfalto RC- 250 para el ensayo de CBR.
- 3 moldes con 13, 27 y 56 golpes con muestra con 6% de asfalto RC – 250 para el ensayo de CBR.

La muestra de suelo areno- arcilloso se extrajo de la calle Nicolás Arriola de la ciudad de Cajamarca al nivel de sub rasante para una muestra patrón y luego se realizó los ensayos en laboratorio de suelos de la UPN sede Cajamarca adicionando el asfalto líquido en un 2%, 4% y 6% a la muestra patrón.

Ubicación geográfica

Tabla N° 3 : Coordenadas de ubicación calicata

<i>CALICATA</i>	<i>COORDENADAS GEOGRÁFICA</i>	<i>COORDENADAS UTM</i>
<i>CI</i>	Datum: WGS84, 17 south, Meridian 81dW	
	Longitud: -78.51384	Este: 774583 m
	Latitud: -7.16616	Norte: 9207139 m
	Altitud: 2751m	Cota : 2751 msnm

Figura N° 2: Ubicación de la calicata



Fuente: Google Earth

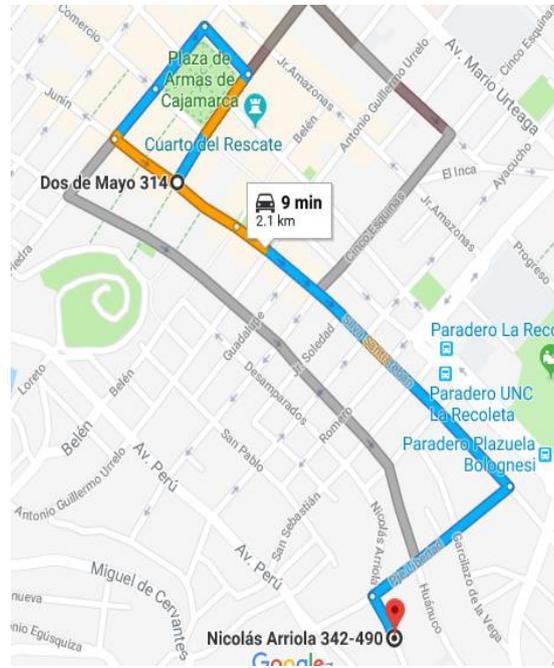
Acceso a la calicata.

Como se puede observar en la figura N°3 se muestra una ruta de acceso al Jr. Nicolás Arriola, el punto de partida será la plaza de armas de Cajamarca.

Para llegar al lugar del proyecto (Jr. Nicolás Arriola), partiendo de la plaza de armas de la ciudad de Cajamarca se sigue la siguiente ruta en auto: se sube por el Jr. 2 de mayo hasta el Jr. Junín por el cual se continúa hasta llegar al Jr. San

Sebastián en cuya intersección con el Jr. La Libertad se sube hasta el Jr. Nicolás Arriola donde se realizó la calicata.

Figura N° 3: Acceso a la calicata

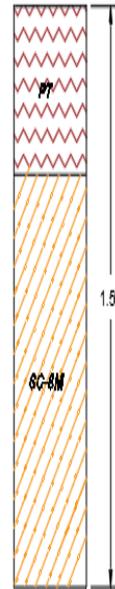


Fuente: Google Earth

Extracción de la muestra.

La extracción de la muestra se realizó primero se identificó la calle afirmada para poder hacer la excavación junto a la carretera con maquinaria hasta llegar a la profundidad de 1.50 m.

Figura N° 4: Detalle de la calicata profundidad 1.50 m



2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La recolección de datos fue mediante observación directa usando como recolector a los protocolos en cada ensayo de laboratorio de suelos establecido en el Manual de ensayos de materiales para carreteras el cual contiene normativa establecida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Se realizó ensayos al material sin estabilizar (muestra Patrón) y al material estabilizado con asfalto líquido y así se determinó en cómo influye la adición en porcentajes del asfalto líquido en las propiedades mecánicas de la muestra extraída. Cada ensayo se registró en los diferentes protocolos que nos brinda la Universidad Privada del Norte.

2.4. Procedimiento

Los ensayos se realizaron de acuerdo a los procedimientos descritos en las normas técnicas peruanas 339. En las cuales se detallan los pasos a seguir para la realización de cada uno de estos ensayos a. continuación, se hace una breve descripción de los pasos seguir en su investigación.

Primero: Se procederá a campo para la extracción de la muestra de suelo areno – arcilloso de 0.03 metros cúbicos para las pruebas de laboratorio en la región de Cajamarca

Segundo: la muestra se llevará a laboratorio de suelos de la universidad privada del norte para realizar los ensayos establecidos en el manual de ensayos de materiales

Tercero: Al contar con las propiedades obtenidas de granulometría, contenido de humedad, límite plástico, límite líquido y peso específico según las normas estipuladas. Con los valores obtenidos se realizará la clasificación de suelos y se verificará que cumpla con las características de un suelo areno arcilloso según SUCS Y AASHTO

Cuarto: Se realizará el ensayo de Proctor Modificado y CBR a los especímenes de suelo natural y con la adición de asfalto líquido al 2%, 4 %, 6 %.

Quinto: Se analizará los datos obtenidos en laboratorio de los especímenes de suelo comparando la variación en porcentajes en la capacidad portante (CBR).

- **Incorporación de asfalto RC -250 en el suelo**

El método para la incorporación del asfalto RC -250 en el suelo que se utilizó fue el porcentaje en función al peso seco de la muestra. De la ficha técnica del producto se obtuvo el peso específico de 0.9548 gr/cm^3 . Mediante una regla de tres simple se determina la cantidad de suelo para los distintos porcentajes (2%, 4% y 6%), este se

divide por el peso específico del estabilizador y esta es la cantidad de solución a incorporar.

- **Ensayo de proctor modificado.**

El ensayo de proctor modificado se realizó de acuerdo a la norma NTP 339.141 por el Método “B”, ya que el % retenido en la N° 3/8” es menor a 20%; donde inicialmente se preparó muestra seca aproximadamente 25 kg por ensayo. Este ensayo se realizó tanto a la muestra patrón, como a los distintos porcentajes del asfalto RC – 250.

Para realizar este ensayo se preparó 4 muestras de 3 kilos cada una con un determinado contenido de agua.

Preparadas ya las muestras antes mencionadas se procedió a colocarlas en el respectivo molde standard para seguidamente compactar cada muestra en 5 capas y cada capa con 25 golpes de acuerdo al método A, al finalizar la compactación de la última capa, se retiró el collar de extensión, se procedió a enrasar con la espátula y determinar la densidad húmeda. Además, se determinó el contenido de humedad de cada muestra compactada, utilizando muestras representativas de la parte superior.

Ya en gabinete se dibujó la curva de compactación en escala natural, el dato de contenido de humedad se registró en el eje de abscisas y los datos de densidad seca en el eje de ordenadas. Con la gráfica ya desarrollada se determinó la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad los cuales sirvieron posteriormente como datos esenciales para el desarrollo del ensayo de CBR.

- **Ensayo de CBR (valor de soporte california)**

El ensayo de CBR se desarrolló de acuerdo a la norma NTP 339.145, para suelos cohesivos a estos suelos les afecta la humedad de compactación y la densidad obtenida, por lo que se las ensayo cada muestra después de colocarlas en agua durante 4 días. Este ensayo se desarrolló en tres partes las cuales se mencionan a continuación:

- **Ensayo de compactación CBR.**

Primero se prepararon las muestras con el contenido óptimo de humedad determinado en el ensayo de compactación proctor modificado. Cada muestra se compacto en 5 capas en cada uno de los 3 moldes CBR, el primero con 13 golpes, el segundo con 27 golpes y el tercero con 56 golpes por capa; en gabinete se determinaron la densidad húmeda, los contenidos de humedad y la densidad seca de las muestras de cada molde.

- **Ensayo de hinchamiento.**

Realizado el ensayo de compactación de las muestras se procedió invertir las muestras de tal manera que la superficie libre quede en la parte superior cuando se ensambla nuevamente los moldes en sus placas de base.

Se colocó sobre cada muestra un papel filtro, la placa de expansión, la sobrecarga, el trípode y el dial de expansión y seguidamente se colocaron los tres moldes debidamente equipados en un tanque de agua durante 4 días (96 horas), registrar las lecturas de expansión cada 24 horas.

- **Ensayo de carga penetración.**

Pasado los 4 días de sumergidas las muestras, se sacaron los moldes del tanque de agua y de cada uno de ellos se retira el dial, el trípode, la sobrecarga y la placa de expansión, y se los dejó drenar durante 15 minutos.

Seguidamente se procedió colocar la sobrecarga en cada molde, y se las llevó a la prensa hidráulica, se realizó el ensayo de penetración aplicando un pisón a una velocidad de 0.05 pulg/min., se registró cada una de las lecturas de carga de cada muestra. Una vez finalizado el ensayo se procedió a determinar nuevamente la densidad humedad y el contenido de humedad de las muestras de cada molde.

Ya en gabinete se realizó el dibujo de las 03 curvas esfuerzo – deformación correspondiente a las muestras de cada molde, en escala natural, los valores de la deformación se registraron en el eje de abscisas y los valores de los esfuerzos en el eje de ordenadas. Seguidamente se determinaron los esfuerzos correspondientes a 0.1” y 0.2” de penetración de cada una de las curvas esfuerzo – deformación, además de determinar los índices CBR para 0.1” y 0.2” de penetración, los cuales se obtienen dividiendo cada valor de esfuerzo correspondiente a 0.1” y 0.2” de la muestra ensayada entre el esfuerzo patrón correspondiente a 0.1” y 0.2”

Se procedió a dibujar las curvas densidad seca versus CBR correspondientes a 0.1” y 0.2” de penetración. Y por último se determinó el índice CBR de diseño es el valor correspondiente a 0.1” y 0.2” de penetración, expresado en porcentaje de su respectivo valor estándar.

2.4.1. Ensayos de laboratorio

2.4.1.1. Contenido de humedad

Según la Norma Técnica Peruana contenido de humedad. (NTP 339.127,199), define lo siguiente:

Resumen

El contenido de humedad de un material se usa para expresar las relaciones de fase del aire, agua y sólidos en un volumen de material dado. Como es posible obtener la humedad en casi todos los tipos de muestra, se utiliza con frecuencia para completar los diagramas de fase.

Material

- Muestra alterada extraída del estrato en estudio.

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa con control de temperaturas.
- Recipiente o Tara.

Procedimiento

- Identificación del recipiente (A)
- Pesar el recipiente o tara (B).
- Pesar la muestra húmeda en el recipiente o tara (C).
- Secar la muestra en la estufa durante 24 horas a 105°C.
- Pesar la muestra seca en el recipiente o tara (D).
- Determinar el peso del agua (E) = C - B.
- Determinar el peso del suelo seco (F) = D - B

- Determinar el contenido de humedad $(G) = (E / F) * 100$

Ecuación 1 : Contenido de humedad

$$(W\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100 \dots\dots$$

- Determinar el promedio del contenido de humedad (H).

2.4.1.2. Análisis granulométrico mediante tamizado en seco

Según la Norma Técnica Peruana el ensayo de Análisis de granulometría en seco. (NTP 339.128,1999), define lo siguiente:

Material

- Muestra seca aproximadamente 1000 gr.

Balanza

- Juego de mallas
- Balanza con aproximación de 0.1 gr
- Taras

Procedimiento

- Secar la muestra al aire.
- Pesar la muestra seca.
- Pasar la muestra seca por el juego de tamices, agitando en forma manual o mediante equipo vibrador.
- Determinar los porcentajes de los pesos retenidos en cada tamiz (%R.P.) mediante la siguiente expresión.

Ecuación 2 : Analisis granulometrico peso retenido

$$\% R.P. = \frac{P.R.P}{W_{ms}} * 100 \dots\dots$$

- Determinar los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz P. RA, para lo cual se sumarán en forma progresiva los P.R.P., es decir.

$$\%R.A.1 = \%R.A.1$$

$$\%R.A.2 = \%R.A.1 + \%R.A.2$$

$$\%R.A.3 = \%R.A.1 + \%R.A.2 + \%R.A.3, \text{ Etc.}$$

- Determinar los porcentajes acumulados que pasan en cada tamiz.

Ecuación 3 : Analisis granulometrico peso retenido

$$\% \text{ que pasa} = 100\% - \% R.A$$

- Dibujar la curva granulométrica en papel semilogaritmico, en el eje de abscisas se registrará la abertura de las mallas en milímetros en escala logarítmica, y en el eje de ordenadas se registrará los porcentajes acumulados que pasan en las mallas que se utilizan en escala natural.
- Determinar el coeficiente de uniformidad y de curvatura.

Ecuación 4 : Coeficiente de uniformidad

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} * D_{10}}$$

2.4.1.3. Peso específico de finos

Material

- Muestra seca menor que la malla N° 4
- Agua

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr
- Fiola de 500 ml
- Bomba de vacíos

Procedimiento

- Identificación de la muestra (A)
- Pesar la muestra seca (aproximadamente 80 a 100 gr) (B).
- Llenar la fiola con agua hasta la marca de 500 ml y pesar (C).
- Colocar la muestra seca ya pesada en la fiola vacía y, verter agua hasta cubrir la muestra, agitar, luego conectar a la bomba de vacíos durante 15 minutos de tal manera que las burbujas de aire sean extraídas (D).
- Retirar la fiola de la bomba de vacíos, inmediatamente agregar agua hasta la marca de 500 ml y pesar (E).
- Determinar el peso específico (F)

Ecuación 5 : Peso específico

$$\gamma_s = \frac{W_s}{W(D) + W_f W(C) - W_f W_s(E)}$$

- Determinar el peso específico promedio (G).

2.4.1.4. Limite líquido

Según la Norma Técnica Peruana el ensayo de límite de Atterberg. (NTP 339.129,1999), define lo siguiente:

Material:

- Suelo seco que pasa la malla N^o 40

Equipo:

- Malla N^o 40
- Copa de Casagrande
- Ranurador o acanalador
- Balanza con aproximación de 0.01 gr

- Estufa con control de temperatura
- Espátula
- Probeta de 100 ml
- Cápsula de porcelana
- Taras identificadas

Procedimiento:

- En una cápsula de porcelana mezclar el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme
- Colocar una porción de la pasta en la copa de Casagrande, nivelar mediante la espátula hasta obtener un espesor de 1 cm.
- En el centro hacer una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra queda dividida en dos partes.
- Elevar y caer la copa mediante la manivela a razón de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto en la parte inferior de la ranura y a lo largo de 1.27 cm, registrar el número de golpes.
- Mediante la cápsula retirar la porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura y colocarlo en una tara para determinar su contenido de humedad.
- Retirar el suelo de la copa de Casagrande y colocar en la capsula de porcelana, agregar agua si el número de golpes del ensayo anterior ha sido alto, o agregar suelo si el número de golpes ha sido bajo. (el número de golpes debe estar comprendido entre 6 y 35).
- Lavar y secar el acanalador
- Repetir el ensayo minino 2 veces

- Dibujar a curva de fluidez (la recta) en escala semilogarítmica, en el eje de las abscisas se registrará el número de golpes en escala logarítmica, en el eje de ordenadas los contenidos de humedad en escala natural.
- Determinar la ordenada correspondiente a los 25 golpes en la curva de fluidez, este valor será el límite líquido del suelo.

2.4.1.5.Límite plástico

Según la Norma Técnica Peruana el ensayo de límite plástico. (NTP 339.129,1999), define lo siguiente:

Material:

- Una porción de la mezcla preparada para el límite líquido

Equipo:

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa
- Espátula
- Cápsula de porcelana
- Placa de vidrio
- Taras identificadas

Procedimiento

- A la porción de la mezcla preparada para el límite líquido agregar suelo seco de tal manera que la pasta baje su contenido de humedad.
- Enrollar la muestra con la mano sobre una placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3 mm de diámetro y que presenten agrietamientos, determinar su contenido de humedad.

- Repetir el ensayo una vez más
- El límite plástico es el promedio de los 2 valores de contenidos de humedad.

2.4.1.6. Clasificación de suelos

Según manual de carreteras del MTP se clasificará según SUCS y ASSHTO

Clasificación de suelos unificados

Se indicará el símbolo correspondiente al suelo de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Los símbolos son los siguientes:

Gravas:

- GW: Grava bien graduada
- GP: Grava mal graduada
- GM: Grava limosa
- GC: Grava arcillosa
- GM-GC: Grava limosa-arcillosa
- GW-GM: Grava ligeramente limosa, bien graduada
- GW-GC: Grava ligeramente arcillosa, bien graduada
- GP-GM: Grava ligeramente limosa, mal graduada
- GP-GC: Grava ligeramente arcillosa, mal graduada.

Arenas:

- SW: Arena bien graduada
- SP: Arena mal graduada
- SM: Arena limosa
- SC: Arena arcillosa
- SM-SC: Arena limosa arcillosa
- SW-SM: Arena ligeramente limosa, bien graduada
- SW-SC: Arena ligeramente arcillosa, bien graduada
- SP-SM: Arena ligeramente limosa, mal graduada.
- SP-SC: Arena ligeramente arcillosa, mal graduada

Suelos finos:

- ML: Limo inorgánico de plasticidad baja o media
- CL: Arcilla inorgánica de plasticidad baja o media
- CL-ML: Arcilla limosa o limo arcilloso inorgánico de plasticidad baja o media.
- OL: Suelo orgánico de plasticidad baja o media
- MH: Limo inorgánico de plasticidad alta

Índice de Grupo: Es un índice normado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los límites de Atterberg. El índice de grupo de un suelo se define mediante la fórmula:

Ecuación 6 : Índice de grupo

$$IG = 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01 (bd)$$

Donde:

a =F-35 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras).

Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

b =F-15 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras).

Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

c =LL – 40 (LL = límite líquido). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.

d =IP-10 (IP = índice plástico). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20 o más.

El Índice de grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice cero significa un suelo muy bueno y un índice \geq a 20, un suelo no utilizable para caminos.

Tabla N° 4 : Tabla de clasificación de suelos SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES		SÍMBOLO S DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO	
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	GRAVAS LIMPIAS	GW Gravas, bien graduadas, mezclas grava – arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz N°200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: Cu = D60 / D10 > 4 Cc = (D30) ² / D10 * D60 entre 1 y 3	
		(sin o con pocos finos)	GP Gravas mal graduadas, mezclas grava – arena, pocos finos o sin finos.	No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW	
Más de la mitad del material retenido en el tamiz N° 200	Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla N° 04.	GRAVAS CON FINOS (Apreciable cantidad de finos)	GM Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo	Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP <4 Encima de la línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo	
			GC Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.	Límites de Atterberg sobre la línea A con IP > 7	
		ARENAS	SW Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	Cu = D60 / D10 > 6 Cc = (D30) ² / D10 * D60 entre 1 y 3	
	Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz N° 04		SP Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	<5% - >GW,GP,SW,SP	Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW
		ARENAS CON FINOS (pocos o sin finos)	SM Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	>12% - >GM,GC,SM,SC	Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP <4 Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de doble símbolo.
		(apreciable cantidad de finos)	SC Arenas arcillosas, mezclas arena – arcilla.	5 al 12% ->casos límite que requieren usar doble símbolo	Límites de Atterberg sobre la línea A con IP > 7

SUELOS DE GRANO FINO	LIMOS Y ARCILLAS	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad	
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas	
		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad	
	Más de la mitad del material pasa por el tamiz N° 200	LÍMITE LÍQUIDO <50	LIMOS Y ARCILLAS	MH
	LÍMITE LÍQUIDO > 50		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta
	Suelos muy Orgánicos		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media elevada, limos orgánicos.
			PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

Tabla N° 5 : Tabla de clasificación de suelos AASHTO

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0.08 mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm					
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		
Grupo Símbolo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6	
Análisis granulométrico													
% que pasa por el tamiz de:													
	2 mm	máx. 50	máx. 50	mín. 50	máx. 35	Máx.3 5	máx. 35	máx. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
	0.5 mm	máx. 30	máx. 50	mín. 50	máx. 35	Máx.3 5	máx. 35	máx. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
	0.08 mm	máx. 15	máx. 25	mín. máx.1 0	máx. 35	Máx.3 5	máx. 35	máx. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
Límites Atterberg													
límite de líquido índice de plasticidad	máx. 6	máx. 6	máx. 40 mín. 40 máx. 40 mín.40 máx. 40 máx. 40 máx. 40 mín. 40 mín. 40										
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx. 16	máx. 20	máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Aren a Fina		Gravas y arenas limosas o arcillosas			Suelos limosos			Suelos arcilloso		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo						

2.4.1.7. Compactación proctor modificado

Según la Norma Técnica Peruana para el ensayo de Proctor Modificado. (NTP 339.141,1999), define lo siguiente:

Define

La relación existente entre la densidad seca de un suelo (su grado de compacidad) y su contenido en agua es de gran utilidad en la compactación de suelos .su regulación se realiza mediante el ensayo de proctor en sus dos variantes, normal y modificado

Material:

- Muestra alterada seca.
- Papel filtro.

Equipo:

- Equipo proctor modificado (molde cilíndrico, placa de base y anillo de extensión).
- Pisón proctor modificado
- Balanza con aproximación de 0.01 gr
- Estufa con control de temperatura
- Probeta de 1000 ml
- Recipiente de 6 kg, de capacidad
- Espátula
- Recipientes identificados

Procedimiento:

- Obtener la muestra seca para el ensayo, de acuerdo a utilizar (método A, B o C).

- Preparar 5 muestras con una determinada cantidad de agua, de tal manera que el contenido de humedad de cada una de ellas varíe aproximadamente en $\frac{1}{4}$ % entre ellas.
- Ensamblar el molde cilíndrico con la placa de base y el collar de extensión y el papel filtro.
- Compactar cada muestra en 5 capas y cada capa con 25 o 56 golpes (depende del método A, B o C), al terminar de compactar la última capa, se retira el collar de extensión, se enrasa con la espátula y se determina la densidad húmeda (Dh).
- Determinar el contenido de humedad de cada muestra compactada (W %), utilizando muestras representativas de la parte superior e inferior.
- Determinar las densidades secas de cada muestra compactada (Ds).

Ecuación 7: Densidad seca

$$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{w\%}{100}\right)}$$

- Dibujar la curva de compactación en escala natural, el dato del contenido de humedad se registra en el eje de abscisas y los datos de densidad seca en el eje de ordenadas.
- Determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

Tabla N° 6: Métodos de proctor modificado

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	PROCTOR MODIFICADO		
1	MÉTODO		A	B	C
2	CONDICIONES PARA LA SELECCIÓN DEL MÉTODO		% Ret. Acum. N°4 ≤ 20%	% Ret. Acum. 3/8” ≤ 20% % Ret. Acum. N°4 ≥ 20%	% Ret. Acum. 3/4” ≤ 30% % Ret. Acum. 3/8” ≥ 20%
3	Tipo de material utilizado		Pasante malla N°4	Pasante malla 3/8”	Pasante malla 3/4”
4	N° DE CAPAS	n	5	5	5
5	N° DE GOLPES	N	25	25	56
6	DIÁMETRO DE MOLDE	cm	10.16± 0.04	10.16± 0.04	15.24± 0.07
7	ALTURA DEL MOLDE	cm	11.64± 0.05	11.64± 0.05	11.64± 0.05
8	VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	944± 0.15	944± 0.15	2124± 0.25
9	PESO DEL MARTILLO	kg	4.54± 0.01	4.54± 0.01	4.54± 0.01
10	ALTURA CAÍDA DEL MARTILLO	cm	45.72± 0.16	45.72± 0.16	45.72± 0.16
11	DIÁMETRO DEL MARTILLO	cm	5.08± 0.025	5.08± 0.025	5.08± 0.025
12	ENERGÍA DE COMPACTACIÓN	Kg/cm	27.485	27.485	27.485

Fuente NTP 339.141,1999

2.4.1.8. California bearing ratio – CBR

Según la Norma Técnica Peruana contenido de humedad. (NTP 339.145,199), define lo siguiente:

Define:

La finalidad de este ensayo es determinar la capacidad de soporte (CBR, California Bearing Ratio) de suelos compactados en laboratorio. Con una humedad optima y niveles de compactación variables.

Material:

- Muestra seca
- Papel filtro

Equipo:

- Equipo CBR (modelos cilíndricos con placa de base y collar de extensión, 3 discos espaciadores, 3 placas de expansión, 3 sobrecargas cada una de 4.5 kg de peso y 3 trípode).
- Pisón proctor modificado
- Balanza con precisión de 1 gr
- 3 diales de expansión con divisiones de 0.01 mm
- Estufa con control de temperatura
- Probeta de 1000 ml
- Recipiente de 6 kg de capacidad
- Espátula
- Taras identificadas

Procedimiento:

Consta de 3 fases: ensayo de compactación CBR, ensayo de hinchamiento y ensayo de carga – penetración.

A. Ensayo de compactación CBR.

- Preparar la muestra con el contenido óptimo de humedad determinado en el ensayo de compactación proctor modificado
- Ensamblar los moldes cilíndricos con sus placas de base, collares de extensión, discos espaciadores y papeles filtro

- Compactar la muestra con los 3 moldes CBR en cada uno de ellos en 5 capas, el primero con 13 golpes, el segundo con 27 golpes y el tercero con 56 golpes por capa.
- Determinar la densidad húmeda y el contenido de humedad de las muestras de cada molde.
- Determinar la densidad seca de las muestras de cada molde.

B. Ensayo de hinchamiento.

- Invertir las muestras de tal manera que las superficies libres quede en la parte superior cuando se ensambla nuevamente los moldes en sus placas de base.
- Colocar sobre cada muestra el papel filtro, la placa de expansión, la sobrecarga, el trípode y el dial de expansión.
- Colocar los tres moldes debidamente equipados en un tanque de agua durante 4 días (96 horas), registrar las lecturas de expansión cada 24 horas.

C. Ensayo carga – penetración.

- Después de los 4 días sacar los moldes del tanque, dejarlos drenar durante 15 minutos.
- Colocar la sobrecarga en cada molde, llevar a la prensa hidráulica, proceder el ensayo de penetración aplicando un pisón una velocidad de 0.05 pulg/min, registrar las lecturas de carga y de penetración de cada muestra.
- Determinar nuevamente la densidad húmeda y el contenido de humedad de las muestras de cada molde.

- Dibujar las 03 curvas esfuerzo – deformación correspondiente a las muestras de cada molde, en escala natural, el valor de la penetración se registrará en el eje de las abscisas y los valores de los esfuerzos en el eje de ordenadas, NOTA: algunas veces es necesario corregir la curva y cambiar el origen de las coordenadas.
- Determinar los esfuerzos correspondientes a 0.1” y 0.2” de penetración de cada una de las curvas esfuerzo – deformación.
- Determinar los índices de CBR para 0.1” y 0.2” de penetración, los cuales se obtienen dividiendo cada valor de esfuerzo correspondiente a 0.1” y 0.2” de la muestra ensayada entre el esfuerzo patrón correspondiente a 0.1” y 0.2”.

Ecuación 8 : Índice de CBR

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

σ_t : esfuerzo de la muestra ensayada

σ_p : esfuerzo patrón

- Dibujar las dos curvas densidad seca versus CBR correspondiente a 0.1” y 0.2” de penetración.
- El índice CBR de diseño será el menor valor obtenido correspondiente al 95 % de densidad seca máxima.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Contenido de humedad

Se determinó el contenido de humedad promedio de las muestras patrón es de 12.46% para el suelo natural.

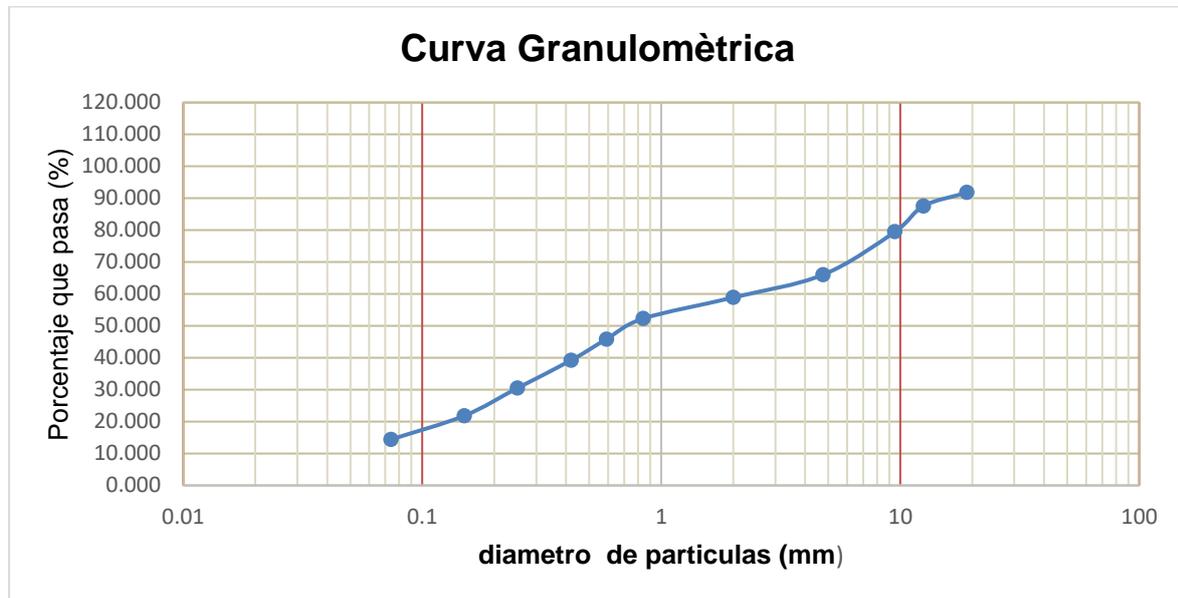
3.2 Análisis granulométrico

A continuación se muestra los porcentajes pasantes por cada tamiz obtenidos mediante el análisis granulométrico en seco.

Tabla N° 7: Resultado de granulometría en seco

N°	TAMIZ (pulg)	% Que Pasa
1	1 ½”	100.000
2	1”	95.562
3	¾”	91.755
4	½”	87.539
5	3/8”	79.471
7	N° 4	66.003
8	N° 10	58.876
9	N° 20	52.266
10	N° 30	45.844
11	N° 40	39.218
12	N° 60	30.502
13	N° 100	21.840
14	N° 200	14.395
15	Fondo	0.00

Gráfico N° 1: Curva de análisis granulométrica en seco



- D 60 = 2 mm
- D 30 = 0.25 mm
- D 10 = 0.075 mm

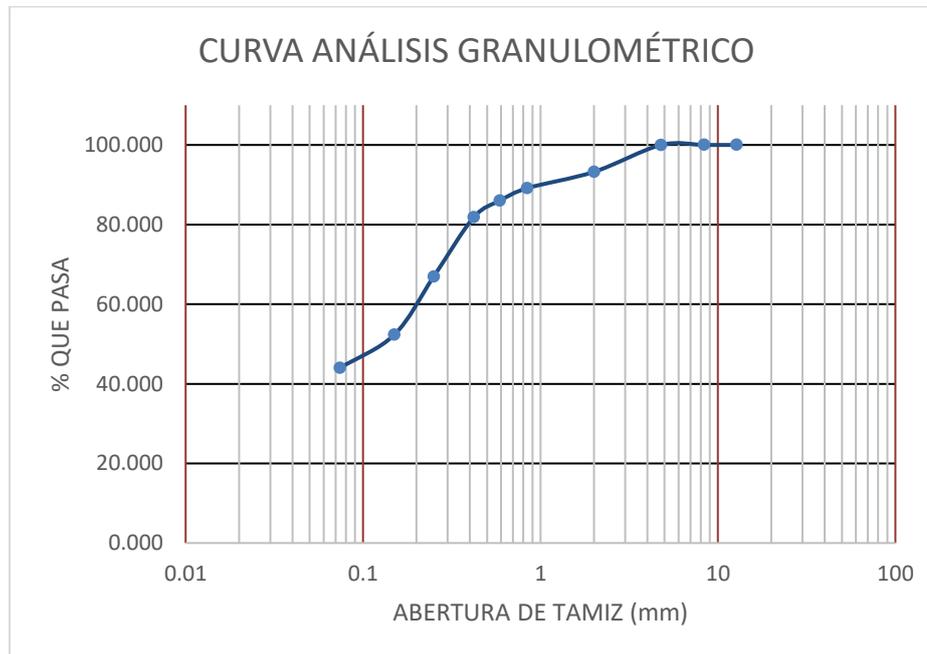
Cc= 0.42	Cu= 26.7
----------	----------

A continuación se muestra los porcentajes pasantes por cada tamiz obtenidos mediante el análisis granulométrico por lavado.

Tabla N° 8: Resultado de granulometría por lavado

	Abertura	% que pasa
N 1/2	12.7	100.000
N 1/4	8.35	100.000
N° 4	4.76	99.980
N°10	2	93.235
N°20	0.84	89.137
N°30	0.59	86.000
N°40	0.42	81.824
N°60	0.25	66.941
N°100	0.15	52.333
N°200	0.074	43.961
Perdida	Lavado	0.000

Gráfico N° 2: Curva de análisis granulométrico por lavado



3.3 Peso específico

Se determinó el peso específico para finos según la norma NTP 339.131 con un promedio de dos muestras de 1.55 gr/cm³.

3.4 Ensayo de límite líquido y limite Plástico

Se determinó para la muestra patrón el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad para la muestra patrón.

Gráfico N° 3: Límite líquido con muestra patrón



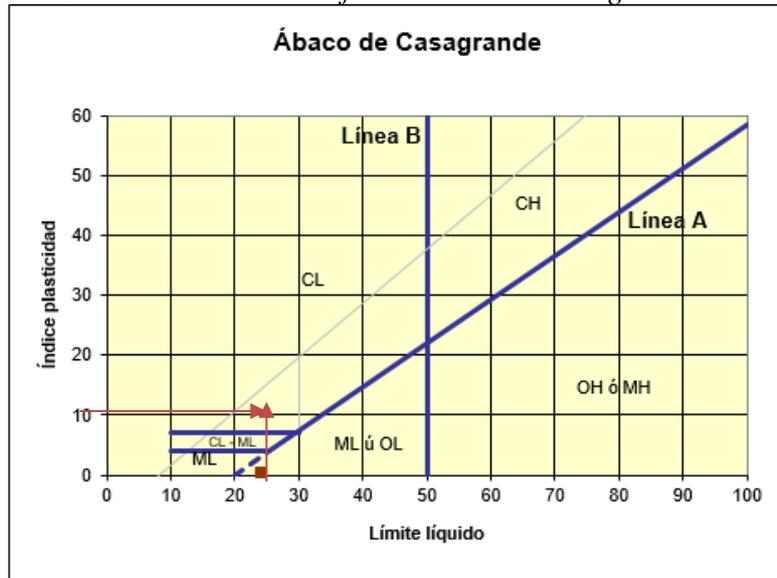
- Límite líquido 25 golpes : 27.5
- Límite plástico: 17.02
- IP = 10.48

3.5 Clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos).

Los resultados de límites de Atterberg y análisis granulométrico se procedió a clasificar mediante el sistema unificado de clasificación de suelos utilizando la carta de plasticidad del suelo obteniéndose arenas arcillosas “SC” definiendo como arenas arcillosas.

- % que pasa malla N°4 = 66 %
- % que pasa malla N° 200 >12 %
- Índice plástico = 10.48
- Límite líquido = 27.5

Gráfico N° 4 : Clasificación de suelos según SUCS



Fuente NTP. 339

3.6 Clasificación AASHTO

Los resultados de los ensayos anteriores determinaron un suelo tipo “A-2-6 “según AASHTO con un índice de grupo (IG) igual a 2.21, según la tabla de clasificación se describe como tipo de material arenas arcillosas con estimación general de suelo como subrasante regular.

Índice de Grupo	Suelo de Subrasante
IG > 9	Muy Pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 – 2	Bueno
IG está entre 0 – 1	Muy Bueno

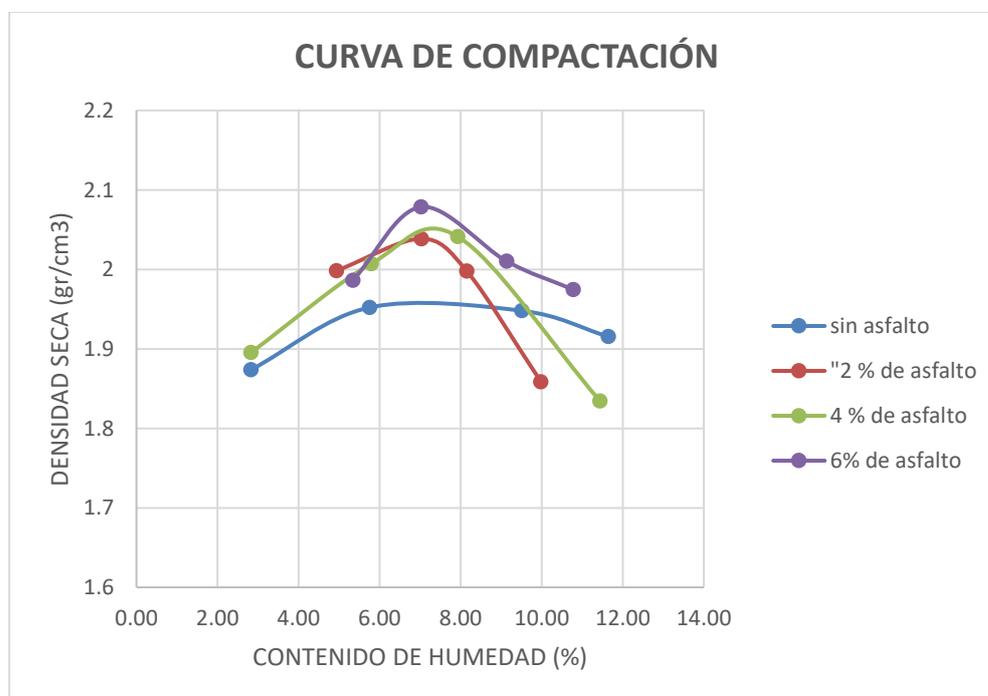
3.7 Ensayo de proctor modificado

Después de haber culminado los ensayos de laboratorio y procesamiento de datos se realizó este cuadro comparativo de los ensayos realizados y el suelo con asfalto RC-250 con diferentes porcentajes.

Tabla N° 9: Resultados de proctor modificado

Muestra	W% óptimo de humedad	Densidad seca max gr/cm ³
patrón	7.00	1.956
2% de asfalto RC-250	7.03	2.04
4% de asfalto RC-250	7.2	2.05
6% asfalto RC 250	7.07	2.085

Gráfico N° 5: Curva de compactación



3.8 Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)

En las siguientes tablas se muestra los resultados obtenido del ensayo de hinchamiento, penetración estándar e índice de CBR.

Tabla N° 10: Resultados de ensayo de hinchamiento

% De Asfalto Añadido	13 golpes %	27 golpes %	56 golpes %
0%	2.146	3.186	1.68
2%	1.54	1.81	0.98
4%	1.244	0.764	0.587
6%	1.174	0.622	0.609

Tabla N° 11: Resultados de ensayo carga – penetración

% De Asfalto Añadido	13 golpes (lb/pl ²)		27 golpes (lb/pl ²)		56 golpes (lb/pl ²)	
	0.1 "	0.2"	0.1 "	0.2"	0.1 "	0.2"
0%	33.08	39.69	59.5	81.59	103.64	143.34
2%	35.28	48.51	59.54	99.23	121.29	174.21
4%	39.69	59.54	77.18	110.26	119.08	187.44
6%	44.1	74.98	83.8	136.72	132.31	198.47

Tabla N° 12: Resultados de índice de CBR

Descripción		Muestra patrón	Muestra 2% de Asfalto RC-250	Muestra 4% de Asfalto RC-250	Muestra 6% de Asfalto RC-250
		CBR	CBR 0.1” %	5.80	9.01
	CBR 0.2” %	5.40	9.2	11.5	12.4

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

4.1.1 Descripción del suelo

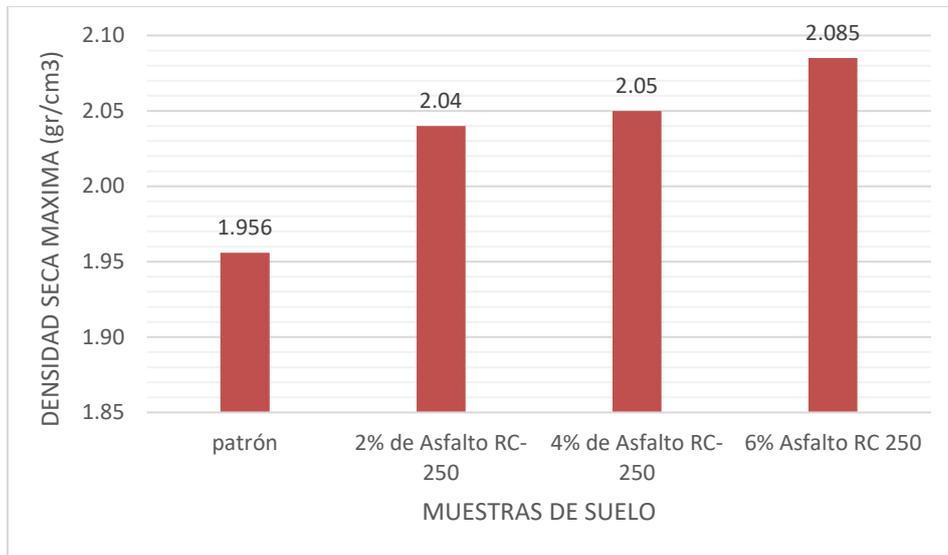
El tipo de suelo analizado tiene un 66 % que pasa la malla N°4, presenta un 43.9% de finos y con un índice de plasticidad 10.48, se clasifica como un tipo SC y A-2-6 según SUCS y AASHTO se describe como arenas con arcillas de plasticidad media.

4.1.2 Proctor modificado

Almeida y Sánchez (2011) en su tesis llamada “ Estabilización de suelos con el uso de emulsiones asfálticas catiónicas de rotura lenta “, estudiaron la vía Las Mercedes- Puerto Nuevo en la provincia de Santo Domingo de las Tsáchilas aplicando emulsiones asfálticas catiónicas de rotura lenta CSS-1h, en la estabilización de suelos tipo: limo elásticos arenosos (MH) arenas limos (SM) y limo arenosos (ML) de sub rasante donde hizo ensayos de capacidad de soporte del suelo (CBR) al suelo natural y al suelo con porcentajes al 5% y 10% de emulsión asfáltica con una humedad óptima que varía entre 25.30 y 33.00 % y la densidad seca máxima que oscilan entre 1.332 y 1.397 gr/cm³,

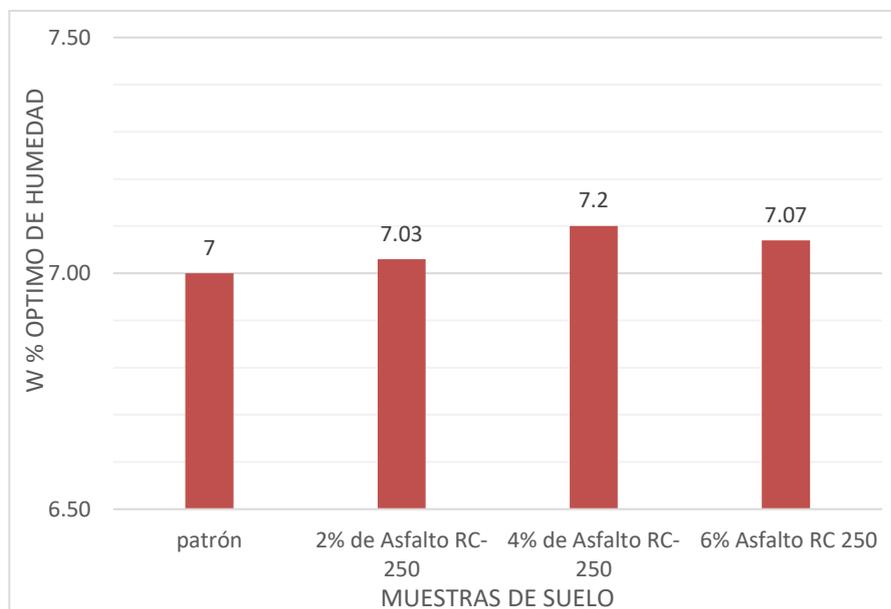
En esta investigación se obtuvo resultados tanto de la densidad seca máxima al incrementar el porcentaje de asfalto RC -250 la densidad máxima seca presenta un aumento del 1.956 gr/cm³ sin asfalto a 2.085 gr/cm³ con la incorporación de 6% del asfalto RC-250.

Gráfico N° 6 : Comparación densidad seca máxima.



El suelo natural con un 1.55 gr /cm³ de peso específico tiene un contenido óptimo de humedad de 7.0% sin adición, presenta una variación con la incorporación de asfalto liquido RC-250.

Gráfico N° 7: contenido de humedad óptima



4.1.3 Ensayo de CBR

De acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo CBR (California Bearing Ratio) se puede apreciar que el valor CBR tiene un aumento del 5.8 % al 12.8 %, esto confirma la hipótesis dada, que la capacidad portante (CBR) de un suelo areno arcilloso aumenta medida que se incrementa la incorporación de asfalto RC -250.

La tendencia del CBR es semejante a la informada por Rabines (2010) en su estudio denominado “Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras”, concluye que luego de ensayar muestras en un suelo de capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador maxxseal 100. Con una clasificación CL (SUCS) existe un aumento de CBR, hasta el 200%, lo que es dos veces superior a la muestra patrón. Rodríguez, (2006) en su estudio “Influencia de la Inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase”, también presenta resultados parecidos y concluye que el CBR de una mezcla de material granular, tipo sub-base, y material de desecho, presenta un incremento notable; el suelo sin aditivo presenta un CBR de 70.67% el cual se incrementó a 129.97 % con la adición de 5% de desechos de PVC.

En la figura 7 y 8 se puede observar que el CBR al aumentar la dosificación de asfalto RC -250 aumenta el índice de CBR %.

Grafico N° 8: Comparación de índice de CBR al 0.1''

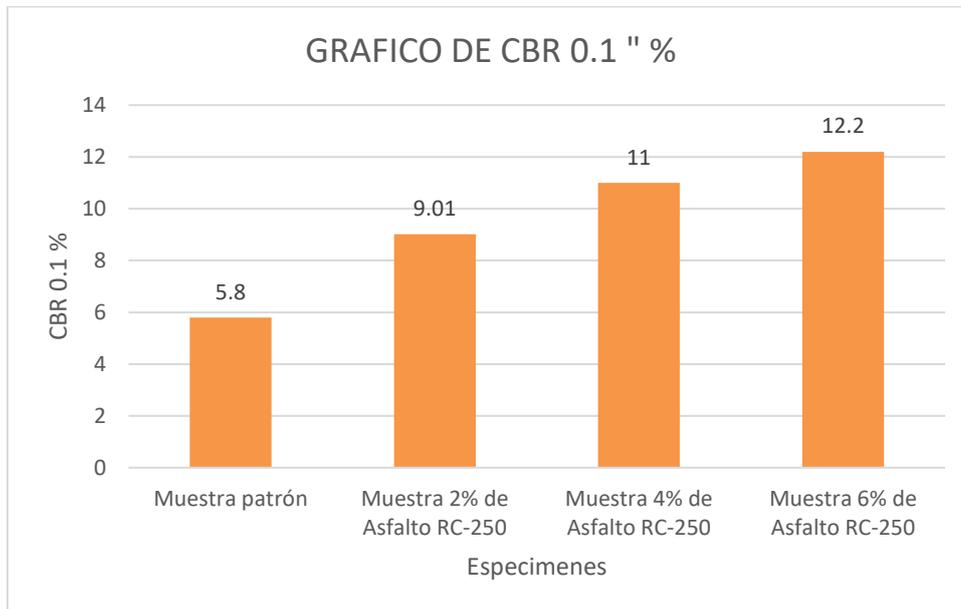


Grafico N° 9 : Comparación de índice de CBR al 0.2''

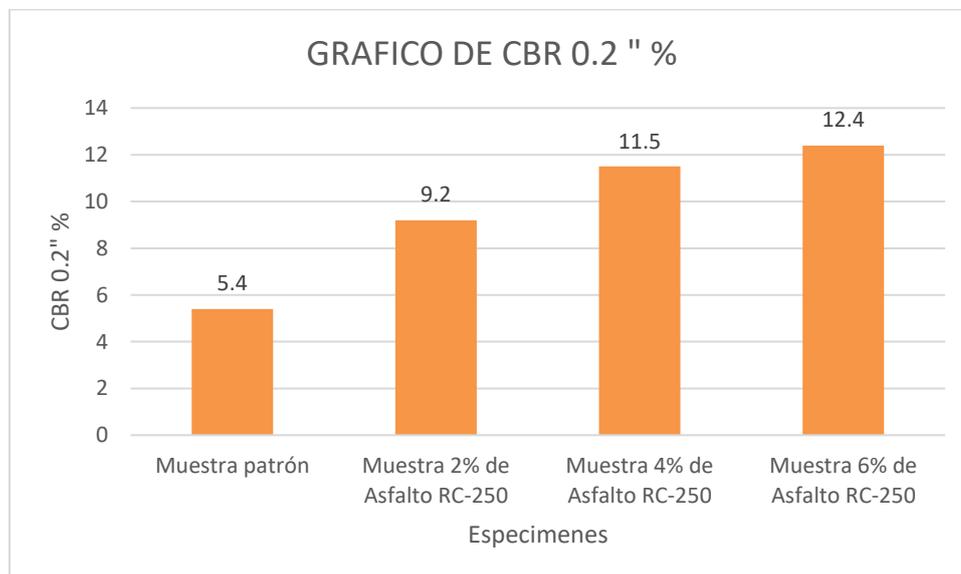
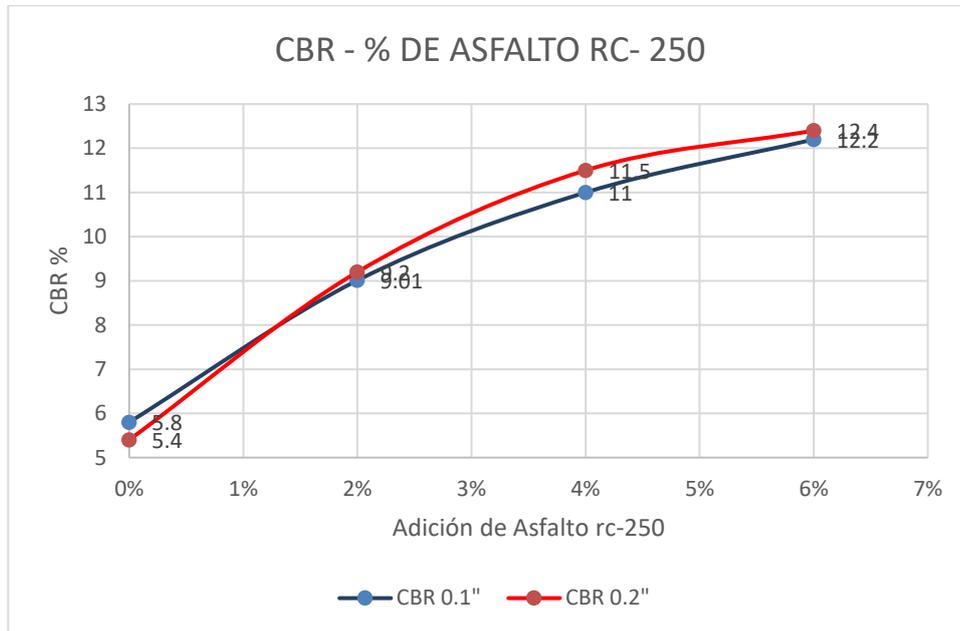
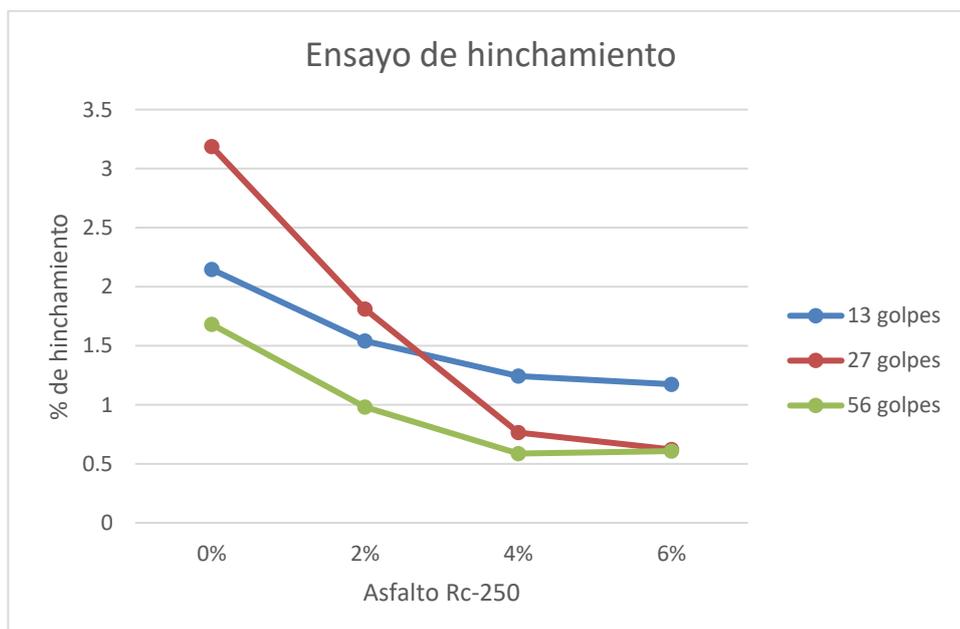


Grafico N° 10: Curva De CBR- % asfalto RC 250



En el ensayo de saturación por 96 horas las muestras dan como resultado una disminución de hinchamiento a medida que se añade proporcionalmente el asfalto, siendo este un efecto positivo del asfalto líquido sobre el suelo, ya que existe un aumento de impermeabilización.

Grafico N° 11: Relación del porcentaje de hinchamiento - asfalto RC- 250



4.2 Conclusiones

- La hipótesis planteada en la investigación, ha sido confirmada, generando una relación directamente proporcional, a medida que se incrementa el porcentaje del asfalto RC-250 en un suelo arcilloso, se incrementa la densidad seca y aumenta el índice de CBR hasta un 200%.
- El suelo se clasificó como (SC) mediante SUCS y un tipo A-2-6 según AASHTO, que los dos describen como arenas arcillosas de plasticidad media.
- Se determinó los parámetros de compactación de suelo los cuales fueron la densidad seca y el óptimo contenido de humedad, para el primero presenta un aumento de 1.956 gr/cm^3 (muestra patrón) a 2.085 gr/cm^3 (6% de Asfalto rc-250). Con un contenido de humedad optima del 7.00%.
- la capacidad portante (CBR) del suelo estabilizado con de 2%, 4%, y 6% de asfalto se obtuvo los siguientes valores para un CBR a 0.1” con la muestra patrón un CBR de 5.8%, incorporando el 2% de asfalto RC -250 un CBR de 9.01 %, incorporando 4% de asfalto RC-250 un CBR de 11% incorporando 6% de Asfalto RC-250 un CBR de 12.2%; para un CBR al 0.2”, con la muestra patrón un CBR de 5.40%, , incorporando el 2 % de asfalto un CBR de 9.2 %, incorporando el 4% de Asfalto un CBR de 11.5 , incorporando 6% de asfalto un CBR de 12.4 %.
- Según los ensayos de saturación por 96 horas se obtuvo a medida que se incrementaba la dosificación de asfalto RC-250 el porcentaje de hinchamiento disminuía, resultando que el asfalto RC-250 para el tipo de suelo SC disminuye su permeabilidad.

REFERENCIAS

- Foinquinos, J. J. R., & Hurtado, J. E. A. (2011). Arcillas y lutitas expansivas en el norte y nororiente Peruano. Recuperado de [http:// www. jorgealvahurtado.com /files/labgeo 04_a. pdf/](http://www.jorgealvahurtado.com/files/labgeo04_a.pdf/).
- Almeida Navarrete, F. J., & Sánchez Quintero, E. A. (2011). Estabilización de suelos con el uso de emulsiones asfálticas catiónicas de rotura lenta. Recuperado de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/2653/>.
- Ravines Merino, M. A. (2012). Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras. Recuperado de [https://pirhua .udep.edu.pe / bitstream/handle/11042/1354/ICI_185.pdf?sequence=1/](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1354/ICI_185.pdf?sequence=1/).
- Hernán de Solminihaç, T., Echeverría, G., & Thenoux, G. (2012). Estabilización química de suelos .Revista Ingeniería de Construcción, (6), 53-78. Recuperado de <http://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/323>.
- García Gonzales, A. (2015). Determinación de la resistencia de la subrasante incorporando cal estructural en el suelo arcilloso del sector 14 Mollepampa de Cajamarca, 2015.
- Zhañay Cajamarca, J. B. (2009). Estudio de la resistencia y la absorción de agua en un suelo arcilloso estabilizado con el sistema nuevo Rocamix Líquido (Bachelor's thesis).
- Chavez, C., Fosh, E., y Escalante Otazu, L. M. (2015). Estabilización de suelos con emulsión asfáltica in situ en la av. prolongación Andrés Avelino Cáceres, análisis comparativo.
- Crespo Villalaz, C. (2004). Mecánica de suelos y cimentaciones. México: Limusa

- López-Lara, T., Hernández-Zaragoza, J. B., Horta-Rangel, J., Coronado-Márquez, A., & Castaño-Meneses, V. M. (2010). Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 11(3), 159-168.
- Roldan de paz, J. (2008). Modelo de cimentaciones sobre suelos altamente expansivos. (Tesis de maestro). Universidad autónoma de Querétaro.
- Fratelli, M. G.(1993). Suelos, fundaciones y muros. Venezuela: Print book
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (1999). Fundamentos de la Mecánica de Suelos. Alfonso Rico Rodríguez.
- Carlos Higuera Sandoval, J. G. (2012). Caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio. *Revista Facultad de Ingeniería, UPT*, 21-40
- PNUD.(2009). Programa de las naciones unidas para el desarrollo
- MTC, E. E 1109–2004 (2004) -Norma técnica de estabilizadores químicos. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima.
- MC-05-14 (2014)-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Ministerio de transportes y comunicaciones. Lima
- NTP 339.141 (1999).Método de ensayo proctor modificado.
- NTP 339.145 (1999). Método de ensayo CBR (relación de soporte de california) de suelos compactados en laboratorios.
- NTP 339.127 (1999). Contenido de humedad.
- NTP 339.128 (1999). Análisis granulométrico.
- NTP 339.129 (1999). Método de ensayo para determinar los límites atterberg
- NTP 339.131 (1999). Peso específico de material fino.
- RNE EC 020 (2006). Suelos y taludes.

ANEXOS

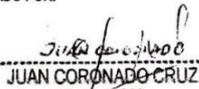
- Ficha técnica asfalto RC -250



LABORATORIO DE REFINERÍA CONCHÁN

INFORME DE ENSAYO (ASFALTO LÍQUIDO RC 250)

N° GRCO-LAB-0054-2015

FECHA DE RECEPCIÓN: 12.01.2015	FECHA DE REPORTE: 13.01.2015	CÓDIGO DE MUESTRA: 00713		
HORA DE RECEPCIÓN: 10:52 HORAS	TANQUE DE MUESTREO : 13	PROCEDENCIA: DPTO. REFINACIÓN		
VOLÚMEN CERTIFICADO: 8.5 MB	BUQUE/TANQUE:	DESTINO: PLANTA CONCHAN		
ENSAYOS	METODO	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES	
	ASTM		MIN.	MAX.
DENSIDAD:				
Gravedad API a 60°F, °API	D 3142-11	16.7	Reportar	
Gravedad Especifica a 15.6/15.6°C	D 3142-11	0.9548	Reportar	
FLUIDEZ:				
Viscosidad Cinemática a 60°C, cSt	D 2170-10	325.0	250	500
Viscosidad Cinemática a 100°C, cSt	D 2170-10	55.0		
ADHERENCIA:				
Revestimiento y Desprendimiento, %	D 3825-96(05)	>95	Reportar	
CONTAMINANTES:				
Contenido de Agua, % volumen	D 95-05 (2010)	0.00	0.2	
VOLATILIDAD:				
Punto de Inflamación Tag Copa Abierta, °C	D 3143-08	38.0	27	
Destilación:				
Volumen Total Destilado hasta 360°C, %Vol.				
a 225°C		44.2	35	
a 260°C		75.0	60	
a 318°C		92.3	80	
Rsduo de la Destilación a 360°C, % del Vol. por diferencia		74.0	85	
Pruebas al Residuo de la Destilación:				
- Viscosidad Absoluta a 60°C, Poise	D 2171-10	1618	600	2400
- Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113-07	>150	100	
- Solubilidad en Tricloroetileno, % masa	D 2042-09	99.7	99	
OBSERVACIONES: Según la Norma ASTM D 2028 "Standard Specification for Cutback Asphalt (Medium Curing Type), el ensayo mandatorio en el residuo de la destilación es la viscosidad a 60°C y opcionalmente la penetración a 25°C; en ningún caso se requiere de ambos ensayos.				
La temperatura óptima de riego para este producto se encuentra entre 69 y 104°C				
Se adjunta Carta Viscosidad - Temperatura.				
1. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN SÓLO A LA MUESTRA ANALIZADA.				
2. PRODUCTO DENTRO DE ESPECIFICACIÓN.				
3. (A): American Society for Testing and Materials				
ORIGINAL : CLIENTE	ELABORADO POR:  JUAN CORONADO CRUZ Ficha 56869		APROBADO POR:  MIGUEL MORAN GRANDA N° Ficha 01158	
COPIA 1 : ARCHIVO GENERAL DE INFORMES DE ENSAYO				
COPIA 2 : INFORME DE ENSAYO DE PRODUCTOS				

RCOLAB-PT-010-F-06, Rev. 4

¡Somos la energía que mueve nuestro mundo!
¡Somos la energía que mueve el país!

— FIN DE INFORME —

Oficina Principal: Canaval y Moreyra 150, Lima 27 - Perú
Refinería Conchán: Km 26.5, Antigua Panamericana Sur - Lima - Perú
Télf.: (511) 625 4000
Portal Empresarial: <http://www.petroperu.com>
Sociedad inscrita en la Partida N° 11014754 del Registro de Personas Jurídicas

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN DE PETROPERÚ.

Panel Fotográfico

Figura N° 5: Calle Nicolás Arriola, ubicación de calicata



Figura N° 6: Identificación y recolección de la calicata a 1.50 m de profundidad.



Figura N° 7: Preparación de la muestra para contenido de humedad



Figura N° 8: Determinación del peso seco del material húmedo



Figura N° 9: Tesista realizando la granulometría



Figura N° 10: Se observa al tesista en la toma de datos de granulometría



Figura N° 11: Tesista realizando el ensayo de límite líquido



Figura N° 12: Muestras de límite plástico



Figura N° 13: Peso de muestras de límite líquido y plástico



Figura N° 14: Peso específico

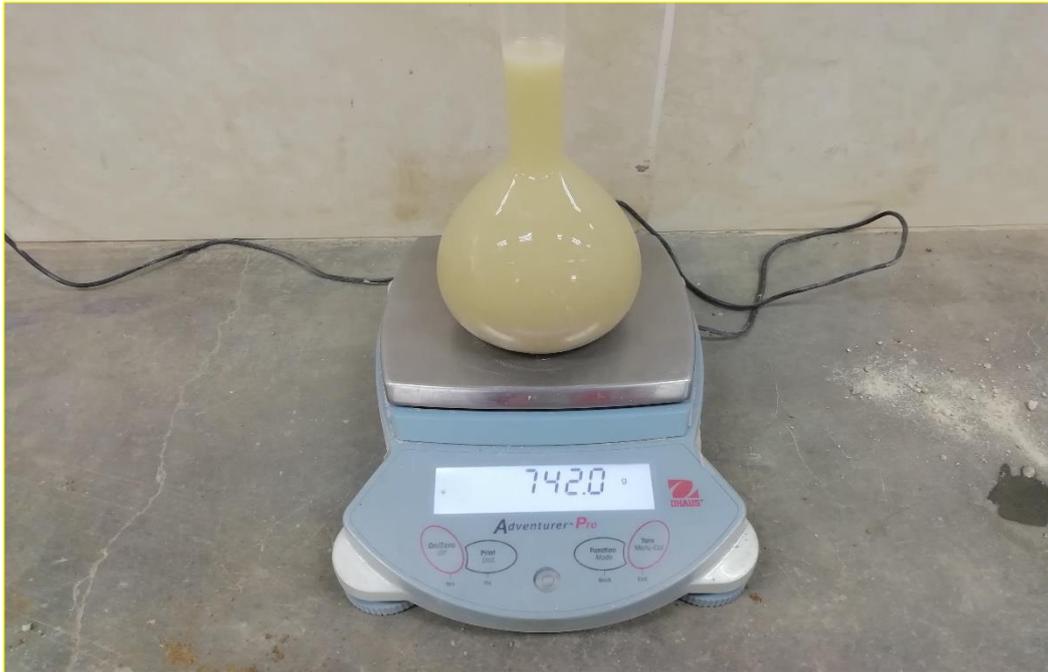


Figura N° 15: Asfalto Rc-250 mesclado uniformemente con la muestra



Figura N° 16: Tesista realizando ensayo de Proctor Modificado



Figura N° 17: se observa muestra mezclada con asfalto RC -250



Figura N° 18: Muestra de CBR a 13, 27, 56 golpes



Figura N° 19: Se observa el peso de la muestra de ensayo de CBR con asfalto RC-250



Figura N° 20: se observa las muestras sumergidas por 96 horas para ensayo de hinchamiento



Figura N° 21: Tesista en el ensayo de penetración estándar



Figura N° 22: Se observa al técnico de laboratorio realizando el ensayo de penetración



Figura N° 23: se observa la muestra después de realizar el ensayo de penetración



Operacionalización de variables

Tabla N° 13: Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICE
Independiente asfalto rc-250	Asfaltos rebajados de fraguado rápido, son cementos asfálticos diluidos con un destilado de petróleo tal como la gasolina, que se evapora rápidamente	No aplica	2% 4% 6%	Gr
Dependiente Capacidad portante (CBR) de un suelo areno-arcilloso	El ensayo CBR mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo (NTP,1999) Suelo con presencia de arenas con un índice alto de arcillas.	índice de CBR	CBR al 0.1” CBR al 0.2” Ensayo de compactación proctor modificado Clasificación de los suelos	%CBR Gr/cm ³ W óptimo % SUCS AASHTO

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CH-LS-UPNC:
	NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127	
	TESIS:	CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO LÍQUIDO RC- 250 AL 2%, 4% Y 6%	
CALICATA: 01	MUESTRA: 01	TIPO DE MATERIAL:	SUELO ARENO ARCILLOSO
UBICACIÓN:	Nr NICOLAS ARRIOLA	COLOR DE MATERIAL:	AMARILLENTO
FECHA DE MUESTREO:	22-06-2019	RESPONSABLE:	CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA
FECHA DE ENSAYO:	24-06-2019	REVISADO POR:	

Temperatura de Secado

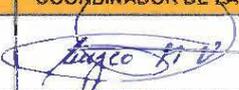
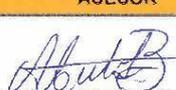
110 °C

Método

Horno 110 ± 5 °C

CONTENIDO DE HUMEDAD						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación del recipiente o Tara	-	T1	T2	T3	T4
B	Peso del Recipiente	gr	27.2	27.5	26.7	30.1
C	Recipiente + Material Natural	gr	235.1	235.4	235.2	240.2
D	Recipiente + Material Seco	gr	211.7	213.9	210.5	217.4
E	Peso del material húmedo (W _{mh}) = C - B	gr	207.9	207.9	208.5	210.1
F	Peso del material Seco (W _s) = D - B	gr	184.5	186.4	183.8	187.3
W%	Porcentaje de humedad (E - F / F) * 100	%	12.68	11.53	13.43	12.17
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	12.46			

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Cristian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05-09-2019	FECHA: 01-08-19	FECHA: 05-09-2019

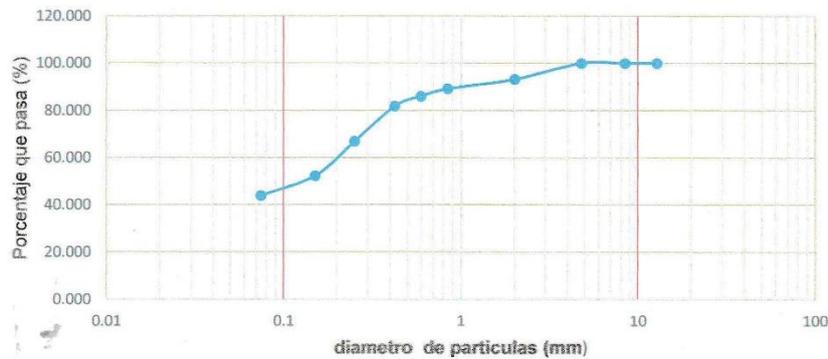


LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
PROTOCOLO				
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO		
	NORMA:	ASTM D421		
	PROYECTO:	CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO- ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO LIQUIDO RC- 250 AL 2%,4” Y 6%		
CALICATA:	01	ESTRATO:	E1	
UBICACIÓN:	JR NICOLAS ARRIOLA		TIPO DE MATERIAL:	SUELO ARENO ARCILLOSO
FECHA DE MUESTREO:	22-06-2019	RESPONSABLE:	CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA	
FECHA DE ENSAYO:	25-06-2019	REVISADO POR:		

Peso de muestra seca; Ws	510	gr
--------------------------	-----	----

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido (gr)	% RP	%RA	% que pasa
Nº 4	4,76	0.1	0.020	0.020	99.980
Nº10	2	34.4	6.745	6.765	93.235
Nº20	0,84	20.9	4.098	10.863	89.137
Nº30	0,59	16	3.137	14.000	86.000
Nº40	0,42	21.3	4.176	18.176	81.824
Nº60	0,25	75.9	14.882	33.059	66.941
Nº100	0,15	74.5	14.608	47.667	52.333
Nº200	0,074	42.7	8.373	56.039	43.961
Perdida Lavado		224.2	43.961	100.000	0.000
Total		510			

Curva Granulométrica

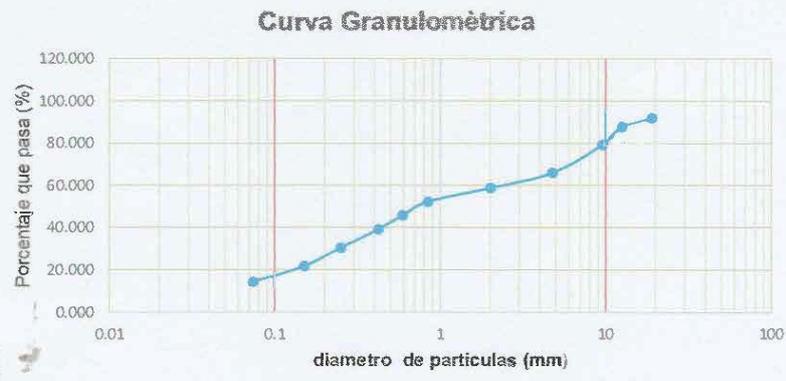


OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05-09-2019	FECHA: 01-08-19	FECHA: 05-09-2019

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO	
	NORMA:	MTC E 107 / ASTM D421	
	PROYECTO:	CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFÁLTO LÍQUIDO RC- 250 AL 2%, 4" Y 6%	
CALICATA:	01	ESTRATO:	E1
UBICACIÓN:	Jr NICOLAS ARRIOLA	TIPO DE MATERIAL:	SUELO ARENO ARCILLOSO
FECHA DE MUESTREO:	22-06-2019	COLOR DE MATERIAL:	AMARILLENTO
FECHA DE ENSAYO:	24-06-2019	RESPONSABLE:	CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA
		REVISADO POR:	
		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	AGTS-LS-UPNC:

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA		
	(pulg)	(mm)				ARENA	ESPECIFICACIÓN	
1	1 1/2"	37.5	0	0.000	0.00	100.000	100	100
2	1"	25	115.9	4.438	4.44	95.562	95	100
3	3/4"	19	99.4	3.806	8.24	91.755		
4	1/2"	12.5	110.1	4.216	12.46	87.539	25	60
5	3/8"	9.5	210.7	8.069	20.53	79.471		
7	N° 4	4.75	351.7	13.468	34.00	66.003	0	10
8	N° 10	2	186.1	7.127	41.12	58.876	0	5
9	N° 20	0.84	172.6	6.610	47.73	52.266		
10	N° 30	0.59	167.7	6.422	54.16	45.844		
11	N° 40	0.42	173.0	6.625	60.78	39.218		
12	N° 60	0.25	227.6	8.716	69.50	30.502		
13	N° 100	0.15	226.2	8.662	78.16	21.840		
14	N° 200	0.074	194.4	7.445	85.60	14.395		
15	Fondo	0	375.9	14.395	100.00	0.000		



OBSERVACIONES:

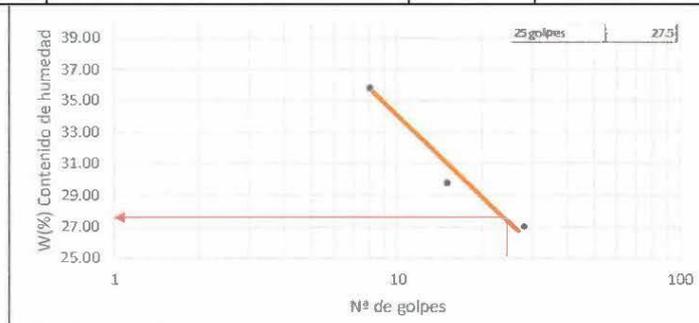
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05-09-2019	FECHA: 01-08-2019	FECHA: 05-09-2019



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	NTP E339.130 / MTC E111 / ASTM D4318		LP-LS-UPNC:
TESIS:	CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACION DE ASFALTO LIQUIDO RC- 250 AL 2%, 4% Y 6%		
CALICATA: 01	ESTRATO: F1	TIPO DE MATERIAL:	SUELO ARENO ARCILLOSO
UBICACIÓN:	Jr NICOLAS ARRIOLA	COLOR DE MATERIAL:	AMARILLENTO
FECHA DE MUESTREO:	22-06-2019	RESPONSABLE:	CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA
FECHA DE ENSAYO:	23-06-2019	REVISADO POR:	

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	t1	t2	t3
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	43.8	47.3	50
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	39.5	42.8	45.3
D	Peso de Recipiente	gr	27.5	27.7	27.9
E	Peso del Agua (B - C)	gr	4.3	4.5	4.7
F	Peso Suelo Seco (C - D)	gr	12	15.1	17.4
G	Número de Golpes	N	8	15	28
H	Contenido de Humedad (E/F)*100	%	35.83	29.80	27.01

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de Recipiente	N°	t4	t5
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	28.7	41.23
C	Suelo Seco + Tara	gr	28.45	41.01
D	Peso de Tara	gr	27	39.7
E	Peso del Agua (B - C)	gr	0.25	0.22
F	Peso Suelo Seco (C - D)	gr	1.45	1.31
G	Contenido de Humedad (E/F)*100	%	17.24	16.79
H	Promedio Limite Plástico			17.02



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Cristian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05-09-2019	FECHA: 01/08/19	FECHA: 05-09-2019

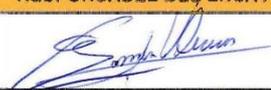
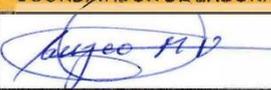
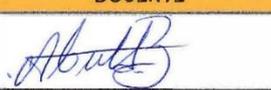
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	MTC E 113 / ASTM D854 / NTP 339.131	PERS-LS-UPNC:
	TESIS:	CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO LIQUIDO RC- 250 AL 2%,4% Y 6%	
CALICATA:	01	MUESTRA:	01
UBICACIÓN:	Jr NICOLAS ARRIOLA	TIPO DE MATERIAL:	SUELO ARENO ARCILLOSO
FECHA DE MUESTREO:	22-06-2019	COLOR DE MATERIAL:	AMARILLENTO
FECHA DE ENSAYO:	24-06-2019	RESPONSABLE:	CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA
		REVISADO POR:	

PESO ESPECÍFICO DE ARENA GRUESA Y GRAVA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la Muestra		-	-
B	Peso de la Muestra Seca	gr	-	-
C	Volumen de Agua + Muestra seca	cm ³	-	-
D	Peso Especifico ($Y_s = B / D$)	gr/cm ³	-	-
E	Promedio del Peso Especifico "Ys"	gr/cm ³	-	-

NORMA: MTC E 113 – 1999, ASTM D854, NTP 339 – 131

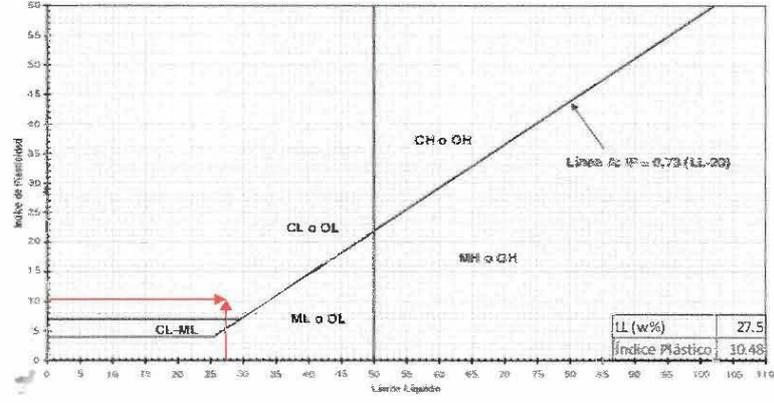
PESO ESPECÍFICO DE ARENA GRUESA Y GRAVA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la Muestra		M1	M2
B	Peso de la Muestra Seca	gr	151.72	150
C	Peso de Fiola + Agua (500ml)	cm ³	687.7	687.7
D	Peso de Fiola + Agua + Muestra seca	cm ³	742	741.1
E	Peso de Fiola + Agua - Aire	cm ³	741.95	740.9
F	Peso Especifico ($Y_s = ((B / (D + C - E)))$)	gr/cm ³	1.56	1.55
G	Promedio del Peso Especifico "Ys"	gr/cm ³	1.55	

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
		
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05-09-2019	FECHA: 01-08-2019	FECHA: 05-09-2019

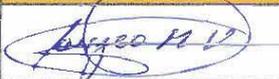
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADOS SUCS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: SUCS-LS-UPNC:
	NORMA:	ASTM D2487 / NTP 339.134	
	TESIS:	CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFÁLTO LÍQUIDO RC- 250 AL 2%,4% Y 6%	
CALICATA: 01	MUESTRA: 01	TIPO DE MATERIAL:	SUELO ARENO ARCILLOSO
UBICACIÓN:	Jr NICOLAS ARRIOLA	COLOR DE MATERIAL:	AMARILLENTO
FECHA DE MUESTREO:	22-06-2019	RESPONSABLE:	CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA
FECHA DE ENSAYO:	26-06-2019	REVISADO POR:	

SUELOS DE GRANO FINO	LIMOS Y ARCILLAS	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
Más de la mitad del material pasa por el tamiz N° 200	LÍMITE LÍQUIDO < 50	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas
		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad
	LÍMITE LÍQUIDO > 50	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica, limos elásticos.
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad alta
Suelos muy Orgánicos		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.



LL (w%) : 27.5
Índice Plástico : 10.48

Observaciones:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
		
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cuñas Becerra
FECHA: 05-09-2019	FECHA: 01/08/19	FECHA: 07-09-2019



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
ENSAYO:		CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADOS SUCS			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:		ASTM D2487 / NTP 339.134			SUCS-LS-UPNC:	
TESIS:		CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO LÍQUIDO RC- 250 AL 2%, 4” Y 6%				
CALICATA: 01	MUESTRA: #1	TIPO DE MATERIAL:		SUELO ARENO ARCILLOSO		
UBICACIÓN:		Jr NICOLAS ARRIOLA	COLOR DE MATERIAL:		AMARILLENTO	
FECHA DE MUESTREO:		22-06-2019	RESPONSABLE:		CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA	
FECHA DE ENSAYO:		26-06-2019	REVISADO POR:			

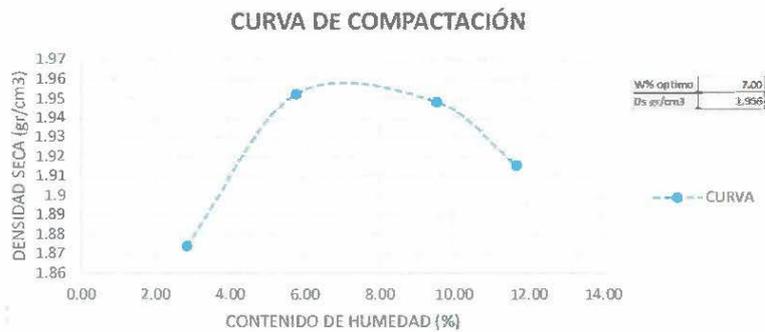
DIVISIONES PRINCIPALES			SÍMBOLOS DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	GRAVAS LIMPIAS	GW	Gravas bien graduadas, mezclas grava – arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica según el porcentaje de finos (tracción inferior al tamiz N°200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue:	Cu = D60 / D10 > 4 Cc = (D30)² / D10 * D60 entre 1 y 3	
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava – arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW	
		GRAVAS CON FINOS (Apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo		Límites de atterberg debajo de la línea A o IP < 4	Encima de la línea A con IP entre 4 y 7
		GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.	Límites de atterberg sobre la línea A con IP > 7		son casos límite que requieren doble símbolo	
MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL retenido en el tamiz N° 200	ARENAS	ARENAS LIMPIAS	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	< 5% - >GW,GP,SW,SP > 12% - >GM,GC,SM,SC 5 al 12% ->casos límite que requieren usar doble símbolo	Cu = D60 / D10 > 6 Cc = (D30)² / D10 * D60 entre 1 y 3	
		(pocos o sin finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW	
		ARENAS CON FINOS (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de atterberg debajo de la línea A o IP < 4	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de doble símbolo.
		SC	Arenas arcillosas, mezclas arena – arcilla.	Límites de atterberg sobre la línea A con IP > 7			

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05-09-2019	FECHA: 01-08-19	FECHA: 05-09-2019



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141	CPM-LS-UPNC:	
PROYECTO:	CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO LÍQUIDO RC- 250 AL 2%, 4% Y 6%		
CALICATA:	C1	ESTRATO:	E1
UBICACIÓN:	Jr NICOLAS ARRIOLA	TIPO DE MATERIAL:	SUELO ARENO ARCILLOSO - PATRÓN
FECHA DE MUESTREO:	22-06-2019	COLOR DE MATERIAL:	AMARILLENTO
FECHA DE ENSAYO:	26-06-2019	RESPONSABLE:	CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA
		REVISADO POR:	

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4176		4176		4176		4176	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5995		6125		6190		6195	
C	Peso Muestra Húmeda (A-B)	gr	1819		1949		2014		2019	
D	Volumen Muestra húmeda	cm ³	944.13		944.13		944.13		944.13	
F	Densidad húmeda; (D _h =C/D)	gr/cm ³	1.93		2.06		2.13		2.14	
G	Recipiente	N°	a b		a b		a b		a b	
H	Peso Recipiente	gr	39.8	27.8	27.7	28	39.6	38.1	27.8	27.6
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	153.3	100.2	93.6	94.5	119.9	131.4	116.2	100.5
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	150.2	98.2	90	90.9	113.1	123.1	107.1	92.8
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	3.1	2	3.6	3.6	6.8	8.3	9.1	7.7
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	110.4	70.4	62.3	62.9	73.5	85	79.3	65.2
M	Contenido de Humedad (W%= (K/L) * 100)	%	2.81	2.84	5.78	5.72	9.25	9.76	11.48	11.81
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	2.82		5.75		9.51		11.64	
O	Densidad Seca Máxima; D _s	gr/cm ³	1.87		1.95		1.947		1.92	



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05-09-2019	FECHA: 01-08-2019	FECHA: 05-07-2019



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E115/ASTM D1557 / NTP 339.141		CPM-LS-UPNC:
TESIS:	CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO LÍQUIDO RC- 250 AL 2%,4" Y 6%		
CALICATA:	CI	ESTRATO:	E1 TIPO DE MATERIAL:
UBICACIÓN:	Jr NICOLAS ARRIOLA	COLOR DE MATERIAL:	AMARILLENTO
FECHA DE MUESTREO:	22-06-2019	RESPONSABLE:	CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA
FECHA DE ENSAYO:	26-06-2019	REVISADO POR:	

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4170	4170	4170	4170	4170	4170	4170	4170
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6150	6230	6230	6210	6210	6210	6100	6100
C	Peso Muestra Húmeda (A-B)	gr	1980	2060	2060	2040	2040	2040	1930	1930
D	Volumen Muestra húmeda	cm ³	944.13	944.13	944.13	944.13	944.13	944.13	944.13	944.13
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm ³	2.097	2.182	2.182	2.161	2.161	2.161	2.044	2.044
G	Recipiente	N°	a b		a b		a b		a b	
H	Peso Recipiente	gr	27.7	27.6	27.8	39.6	27	27.6	27	27.6
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	85.7	105.3	97.9	130.9	117.5	108	116.9	107.1
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	83	101.6	93.3	124.9	110.5	102.1	108.5	100.1
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	2.7	3.7	4.6	6	7	5.9	8.4	7
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	55.3	74	65.5	85.3	83.5	74.5	81.5	72.5
M	Contenido de Humedad (W%=(K/L) * 100)	%	4.88	5.00	7.02	7.03	8.38	7.92	10.31	9.66
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	4.94		7.03		8.15		9.98	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm ³	1.998		2.039		1.998		1.859	



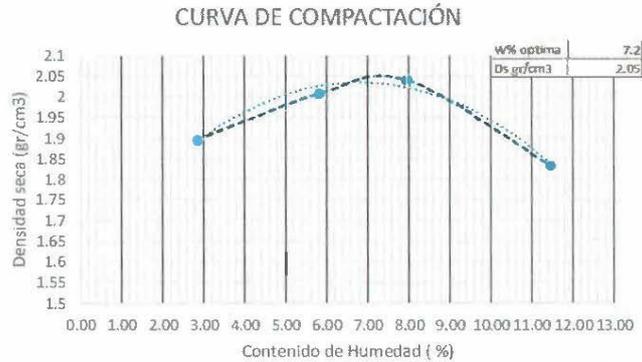
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05-09-2019	FECHA: 01-08-2019	FECHA: 05-09-2019



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141	CPM-LS-UPNC:	
PROYECTO:	CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO LIQUIDO RC- 250 AL 2%, 4% Y 6%		
CALICATA: K1	ESTRATO: F1	TIPO DE MATERIAL:	SUELO + 4% ASFALTO RC
UBICACIÓN:	Jr NICOLAS ARRIOLA	COLOR DE MATERIAL:	AMARILLENTO
FECHA DE MUESTREO:	22-06-2019	RESPONSABLE:	CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA
FECHA DE ENSAYO:	04-07-2019	REVISADO POR:	

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Moide	gr	4170		4170		4170		4170	
B	Peso Muestra Húmeda + Moide	gr	6010		6175		6250		6100	
C	Peso Muestra Húmeda (A-B)	gr	1840		2005		2080		1930	
D	Volumen Muestra húmeda	cm ³	944.13		944.13		944.13		944.13	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm ³	1.949		2.124		2.203		2.044	
G	Recipiente	Nº	a		b		a		b	
H	Peso Recipiente	gr	27.7	27.8	28	27.5	27.6	39.8	27.4	28.5
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	88.2	91.2	93.6	100.1	119.9	130.1	116.2	99.4
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	86.5	89.5	90	96.13	113.1	123.48	107.1	92.11
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	1.7	1.7	3.6	3.97	6.8	6.62	9.1	7.29
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	58.8	61.7	62	68.63	85.5	83.88	79.7	63.61
M	Contenido de Humedad (W%=(K/L) * 100)	%	2.89	2.76	5.81	5.78	7.95	7.91	11.42	11.46
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	2.82		5.80		7.93		11.44	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm ³	1.885		2.007		2.041		1.834	



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05-07-2019	FECHA: 01-08-19	FECHA: 05-07-2019



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141	CPM-LS-UPNC:	
PROYECTO:	CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO LIQUIDO RC- 250 AL 2%, 4” Y 6%		
CALICATA:	E1	ESTRATO:	E1
UBICACIÓN:	Jr NICOLAS ARRIOLA	TIPO DE MATERIAL:	SUELO + 6% ASFALTO RC
FECHA DE MUESTREO:	22-06-2019	COLOR DE MATERIAL:	AMARILLO TONTO
FECHA DE ENSAYO:	10-07-2019	RESPONSABLE:	CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA
		REVISADO POR:	

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4170	4170	4170	4170	4170	4170	4170	4170
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6145	6270	6270	6270	6241	6235	6235	6235
C	Peso Muestra Húmeda (A-B)	gr	1975	2100	2100	2100	2071	2065	2065	2065
D	Volumen Muestra húmeda	cm ³	944.00	944.00	944.00	944.00	944.00	944.00	944.00	944.00
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm ³	2.092	2.225	2.225	2.225	2.194	2.188	2.188	2.188
G	Recipiente	Nº	a b		a b		a b		a b	
H	Peso Recipiente	gr	37.9	27.7	40	38.8	28.1	27.4	27	39.6
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	172.46	110.21	140.63	141.6	151.1	100.5	113	139.4
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	165.8	105.93	134	134.88	141.3	94.09	104.8	129.5
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	6.66	4.28	6.63	6.72	9.8	6.41	8.2	9.9
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	127.9	76.23	94	96.08	113.2	66.69	77.8	89.9
M	Contenido de Humedad (W% = (K/L) * 100)	%	5.21	5.47	7.05	6.99	8.66	9.61	10.54	11.01
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	5.34		7.02		9.13		10.78	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm ³	1.986		2.079		2.010		1.975	



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05-09-2019	FECHA: 01-08-2019	FECHA: 05-09-2019



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				CÓDIGO DEL DOCUMENTO:				
NORMA:		MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429				CBR-LS-UPNC:				
TESIS:		CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO LIQUIDO RC- 250 AL 2%, 4% Y 6%								
CAUCATA:	CI	ESTRATO:	II	TIPO DE MATERIAL:			ARENO- ARCILLOSO			
UBICACIÓN:	JR NICOLAS ARRIOLA			COLOR DE MATERIAL:			AMARILLENTO			
FECHA DE MUESTREO:	22/06/2019			RESPONSABLE:			CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA			
FECHA DE ENSAYO:	27/06/2019			REVISADO POR:						

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Golpes		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.
Peso Molde	gr	8030	8030	7250	7250	7210	7210
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12665	12840	12075	12190	12115	12200
Peso Muestra húmeda	gr	4635	4810	4825	4940	4905	4990
Volumen Muestra húmeda	cm ³	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm ³	2.048	2.126	2.132	2.183	2.168	2.205

CONTENIDO DE HUMEDAD											
Ensayo	N°	1- A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C	
Peso Recipiente	gr	27.6	27.5	28.5	39.6	28.5	39.6	27	27.8	27.7	
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	146.8	106.8	105	154.9	120.7	126.7	126.2	118.6	109.9	
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	138.4	100.74	96.4	147	113.6	117.1	118.9	112.2	101.15	
Peso del Agua	gr	8.4	6.06	8.6	7.9	7.1	9.6	7.3	6.4	8.75	
Peso Muestra Seca	gr	110.8	73.24	67.9	107.4	85.1	77.5	91.9	84.4	73.45	
Contenido de Humedad ; W%	%	7.857		12.666		7.792		12.387		7.771	
Promedio Contenido de Humedad	%	10.261			10.090			9.842			
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm ³	1.893			1.960			1.990			

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	0.083	2.108	1.811	0.090	2.286	1.964	0.044	1.118	0.960
48	2	0.084	2.134	1.833	0.124	3.150	2.706	0.054	1.372	1.178
72	3	0.085	2.146	1.844	0.133	3.378	2.902	0.069	1.753	1.506
96	4	0.085	2.146	1.844	0.146	3.708	3.186	0.077	1.956	1.680

OBSERVACIONES:		

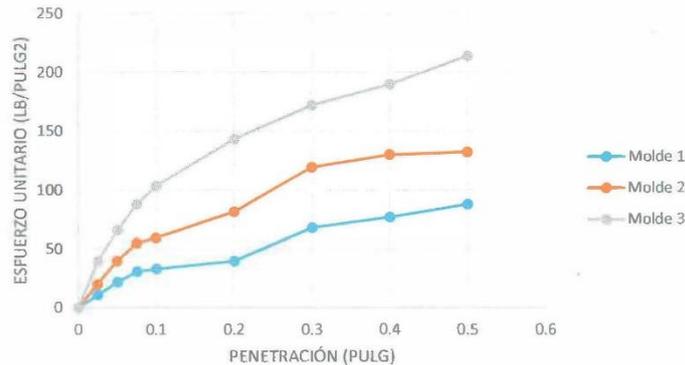
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05-09-2019	FECHA: 01-08-2019	FECHA: 01-09-2019



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429		CBR-LS-UPNC:
TESIS:	CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO LIQUIDO RC- 250 AL 2%, 4% Y 6%		
CALICATA:	CI	ESTRATO:	E1
UBICACIÓN:	JR NICOLAS ARRIOLA	TIPO DE MATERIAL:	ARENO-ARCILLOSO
FECHA DE MUESTREO:	22/06/2019	COLOR DE MATERIAL:	AMARILLENTO
FECHA DE ENSAYO:	01/07/2019	RESPONSABLE:	CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA
		REVISADO POR:	

CARGA - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm ²	Lb/pl ²	kg	kg/cm ²	Lb/pl ²	kg	kg/cm ²	Lb/pl ²
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.64	0.025	5	0.78	11.03	9	1.40	19.85	18	2.79	39.69
1.27	0.05	10	1.55	22.05	18	2.79	39.69	30	4.65	66.16
1.81	0.075	14	2.17	30.87	25	3.88	55.13	40	6.20	88.21
2.54	0.1	15	2.33	33.08	27	4.19	59.54	47	7.29	103.64
5.06	0.2	18	2.79	39.69	37	5.74	81.59	65	10.08	143.34
7.52	0.3	31	4.81	68.36	54	8.37	119.08	78	12.09	172.01
10.16	0.4	35	5.43	77.18	59	9.15	130.11	86	13.33	189.65
12.7	0.5	40	6.20	88.21	60	9.30	132.31	97	15.04	213.91

CURVAS ESFUERZO - PENETRACION



OBSERVACIONES:

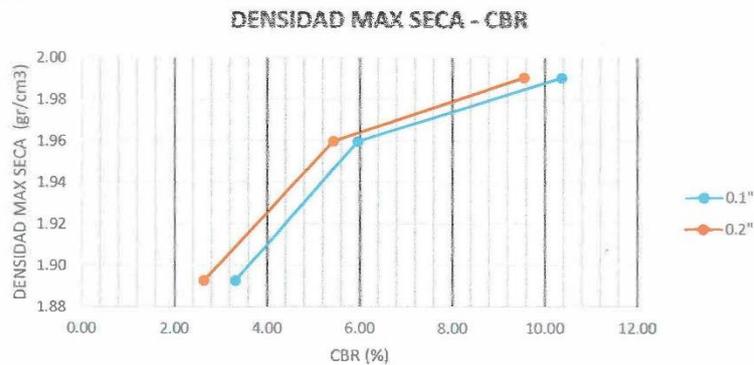
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05-09-2019	FECHA: 01-08-2019	FECHA: 07-01-2019



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429		CBR-LS-UPNC:
TESIS:	CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFÁLTO LÍQUIDO RC- 250 AL 2%, 4% Y 6%		
CALICATA:	C1	ESTRATO:	E1
UBICACIÓN:	JR NICOLAS ARRIOLA	TIPO DE MATERIAL:	ARENO- ARCILLOSO
FECHA DE MUESTREO:	22/06/2019	COLOR DE MATERIAL:	AMARILLENTO
FECHA DE ENSAYO:	01/07/2019	RESPONSABLE:	CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA
		REVISADO POR:	

ESFUERZO PARA 0.1" DE PENETRACIÓN Y DENSIDAD SECA			
Molde N°	Molde N°1	Molde N°2	Molde N°3
Penetración (Pulg.)	0.1	0.1	0.1
Esfuerzo del suelo (Lb/pulg2)	33.08	59.54	103.64
Esfuerzo patrón (Lb/pulg2)	1000	1000	1000
CBR %	3.31	5.95	10.36
Ds (gr/cm3)	1.89	1.96	1.99

ESFUERZO PARA 0.2" DE PENETRACIÓN Y DENSIDAD SECA			
Molde N°	Molde N°1	Molde N°2	Molde N°3
Penetración (Pulg.)	0.2	0.2	0.2
Esfuerzo del suelo (Lb/pulg2)	39.69	81.59	143.34
Esfuerzo patrón (Lb/pulg2)	1500	1500	1500
CBR %	2.65	5.44	9.56
Ds (gr/cm3)	1.89	1.96	1.99



Den max gr/cm3	1.956	cbr(0.1")	5.80
		cbr(0.2")	5.40

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05-09-2019	FECHA: 01-08-2019	FECHA: 05-09-2019



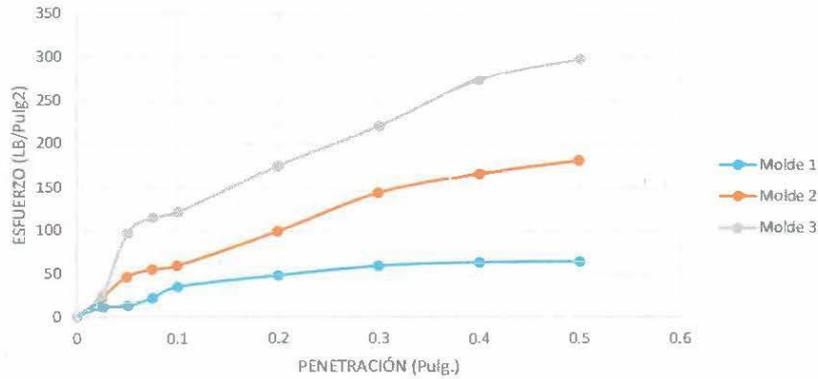
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA											
PROTOCOLO											
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				CÓDIGO DEL DOCUMENTO:					
NORMA:		MTC E172 / ASTM D1883 / ASTM D4429				CBR-LS-UPNC:					
TESIS:		CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO LÍQUIDO RC- 250 AL 2%, 4% Y 6%									
CALICATA:	C1	ESTRATO:	E1	TIPO DE MATERIAL:	SUELO + 2% ASFALTO RC						
UBICACIÓN:	JR NICOLAS ARRIOLA			COLOR DE MATERIAL:	AMARILLENTO						
FECHA DE MUESTREO:	22/06/2019			RESPONSABLE:	CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA						
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2019			REVISADO POR:							
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR											
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3					
Nº Golpes		5		5		5					
Nº Golpes por Capa		13		27		55					
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.				
Peso Moide	gr	8030	8030	7250	7250	7210	7210				
Peso Muestra húmeda + Moide	gr	12565	12915	12140	12410	12265	12420				
Peso Muestra húmeda	gr	4535	4885	4890	5160	5055	5210				
Volumen Muestra húmeda	cm ³	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94				
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm ³	2.004	2.159	2.161	2.280	2.234	2.302				
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Ensayo	Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C	
Peso Recipiente	gr	39.6	39.7	39.8	27.7	39.8	27.7	28	27.8	27.7	
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	195.3	195.5	166.2	117.2	116.9	187	125.8	99	131.6	
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	185.3	185.3	150	111.3	111.8	168.6	119.3	94.4	120.2	
Peso del Agua	gr	10	10.2	16.2	5.9	5.1	18.4	6.5	4.6	11.4	
Peso Muestra Seca	gr	145.7	145.6	110.2	83.6	72	140.9	91.3	66.6	92.5	
Contenido de Humedad ; W%	%	6.934		14.701		7.069		13.059		7.030	
Promedio Contenido de Humedad	%	10.817			10.064			9.677			
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm ³	1.878			2.018			2.068			
ENSAYO DE HINCHAMIENTO											
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE Nº 01			MOLDE Nº 02			MOLDE Nº 03			
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
24	1	0.064	1.63	1.40	0.053	1.35	1.16	0.022	0.56	0.48	
48	2	0.068	1.73	1.48	0.075	1.91	1.64	0.024	0.61	0.52	
72	3	0.07	1.78	1.53	0.082	2.08	1.79	0.041	1.04	0.89	
96	4	0.0705	1.79	1.54	0.083	2.11	1.81	0.045	1.14	0.98	
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				DOCENTE				
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia			NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán				NOMBRE: Ing Alejandro Cubas Becerra				
FECHA: 05-09-2019			FECHA: 01-08-2019				FECHA: 05-09-2019				



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429		CBR-LS-UPNC:
TESIS:	CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO LIQUIDO RC- 250 AL 2%, 4% Y 6%		
CALICATA:	CI	ESTRATO:	EI
UBICACIÓN:	JR NICOLAS ARRIOLA	TIPO DE MATERIAL:	SUELO + 2% ASFALTO RC
FECHA DE MUESTREO:	22/06/2019	COLOR DE MATERIAL:	AMARILLENTO
FECHA DE ENSAYO:	04/07/2019	RESPONSABLE:	CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA
		REVISADO POR:	

CARGA - PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03			
		Carga		Esfuerzo	Carga		Esfuerzo	Carga		Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm ²	Lb/pl ²	kg	kg/cm ²	Lb/pl ²	kg	kg/cm ²	Lb/pl ²	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.64	0.025	5	0.78	11.03	10	1.55	22.05	11	1.71	24.26	
1.27	0.05	6	0.93	13.23	21	3.26	46.31	44	6.82	97.03	
1.81	0.075	10	1.55	22.05	25	3.88	55.13	52	8.06	114.67	
2.54	0.1	16	2.48	35.28	27	4.19	59.54	55	8.53	121.29	
5.06	0.2	22	3.41	48.51	45	6.98	99.23	79	12.25	174.21	
7.52	0.3	27	4.19	59.54	65	10.08	143.34	100	15.50	220.52	
10.16	0.4	29	4.50	63.95	75	11.63	165.39	124	19.22	273.45	
12.7	0.5	29.5	4.57	65.05	82	12.71	180.83	135	20.93	297.70	

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN



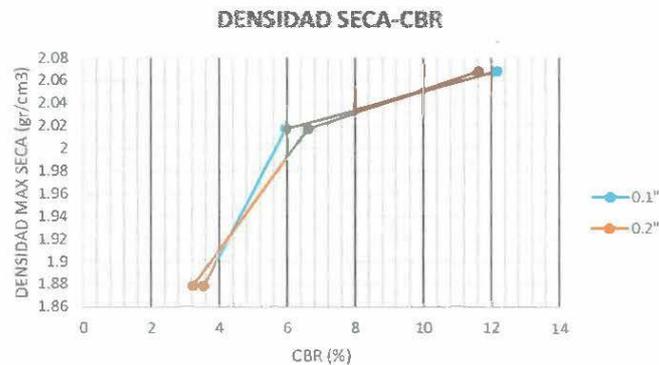
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05-09-2019	FECHA: 01-08-2019	FECHA: 05-09-2019

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CBR-LS-UPNC:
	NORMA:	MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429	
	TESIS:	CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO- ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO LIQUIDO RC- 250 AL 2%, 4” Y 6%	
CALICATA:	CI	ESTRATO: [E]	TIPO DE MATERIAL: SUELO + 2% ASFALTO RC
UBICACIÓN:	JR NICOLAS ARRIOLA	COLOR DE MATERIAL:	AMARILLENTO
FECHA DE MUESTREO:	22/06/2019	RESPONSABLE:	CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA
FECHA DE ENSAYO:	04/07/2019	REVISADO POR:	

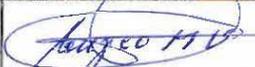
ESFUERZO PARA 0.1" DE PENETRACIÓN Y DENSIDAD SECA			
Molde N°	Molde N°1	Molde N°2	Molde N°3
Penetración (Pulg.)	0.1	0.1	0.1
Esfuerzo del suelo (Lb/pulg ²)	35.28	59.54	121.29
Esfuerzo patrón (Lb/pulg ²)	1000	1000	1000
CBR %	3.53	5.95	12.13
Ds (gr/cm ³)	1.88	2.02	2.07

ESFUERZO PARA 0.2" DE PENETRACIÓN Y DENSIDAD SECA			
Molde N°	Molde N°1	Molde N°2	Molde N°3
Penetración (Pulg.)	0.2	0.2	0.2
Esfuerzo del suelo (Lb/pulg ²)	48.51	99.23	174.21
Esfuerzo patrón (Lb/pulg ²)	1500	1500	1500
CBR %	3.23	6.62	11.61
Ds (gr/cm ³)	1.88	2.02	2.07



Den max gr/cm ³	2.04	Cbr (0.1")	9
		Cbr (0.2")	9.2

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
		
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05-09-2019	FECHA: 01-08-2019	FECHA: 05-09-2019



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA											
PROTOCOLO											
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		ENSAYO: CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CBR-LS-UPNC:				
		NORMA: MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429									
		PROYECTO: CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO LIQUIDO RC- 250 AL 2%, 4% Y 6%									
CALICATA:	CI	ESTRATO:	EI	TIPO DE MATERIAL:			SUELO + 4% ASFALTO RC				
UBICACIÓN:		JR NICOLAS ARRIOLA			COLOR DE MATERIAL:						AMARILLENTO
FECHA DE MUESTREO:		22/06/2019			RESPONSABLE:			CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA			
FECHA DE ENSAYO:		05/07/2019			REVISADO POR:						

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Golpes		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.
Peso Molde	gr	7960	7960	7225	7225	7235	7235
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12630	12880	11935	12145	12290	12390
Peso Muestra húmeda	gr	4670	4920	4820	4920	5100	5155
Volumen Muestra húmeda	cm ³	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm ³	2.064	2.174	2.130	2.174	2.254	2.278

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	28.5	27.8	39.8	39.6	86.4	27.7	27.6	27.8	39.6
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	149.3	150.6	131.5	177.8	286.7	112.6	115.8	132.5	98
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	141.6	141.8	121.66	169	272.7	103.82	109.9	125.2	91.97
Peso del Agua	gr	7.7	8.8	9.84	8.8	14	8.78	5.9	7.3	6.03
Peso Muestra Seca	gr	113.1	114	81.86	129.4	186.3	76.12	82.3	97.4	52.37
Contenido de Humedad ; W%	%	7.266		12.021	7.222		11.534	7.346		11.514
Promedio Contenido de Humedad	%	9.643			9.378			9.430		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm ³	1.933			1.968			2.071		

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.037	0.940	0.807	0.097	0.432	0.371	0.006	0.152	0.131
48	2	0.045	1.140	0.980	0.021	0.533	0.458	0.024	0.597	0.513
72	3	0.054	1.372	1.178	0.034	0.864	0.742	0.026	0.848	0.556
96	4	0.057	1.448	1.244	0.035	0.889	0.764	0.026	0.660	0.567

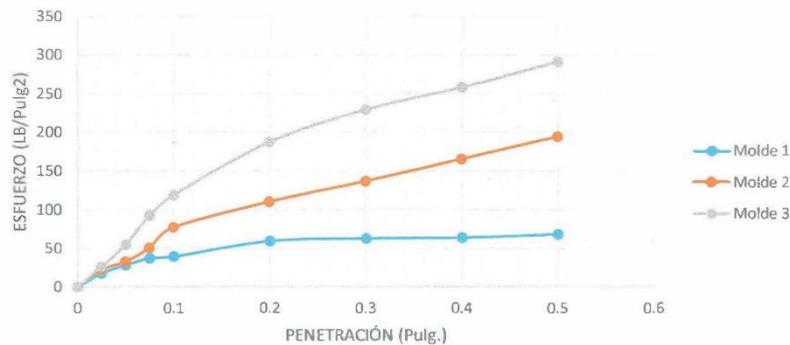
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord. Víctor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05-09-2019	FECHA: 01-08-19	FECHA: 05-09-2019

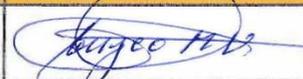
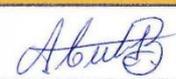
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429		CBR-LS-UPNC:
PROYECTO:	CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO LIQUIDO RC- 250 AL 2%, 4% Y 6%		
CALICATA:	CI	ESTRATO: EI	TIPO DE MATERIAL: SUELO + 4% ASFALTO RC
UBICACIÓN:	JR NICOLAS ARRIOLA	COLOR DE MATERIAL:	AMARILLENTO
FECHA DE MUESTREO:	22/06/2019	RESPONSABLE:	CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA
FECHA DE ENSAYO:	08/07/2019	REVISADO POR:	

CARGA - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm ²	Lb/pl ²	kg	kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	kg/cm ²	Lb/pl ²
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.64	0.025	8	1.24	17.64	10	1.55	22.05	12	1.86	26.46
1.27	0.05	13	2.02	28.67	15	2.33	33.06	25	3.85	55.13
1.81	0.075	17	2.64	37.49	23	3.57	50.72	42	6.51	92.62
2.54	0.1	18	2.79	39.69	35	5.43	77.18	54	8.37	119.08
5.06	0.2	27	4.19	59.54	50	7.75	110.26	85	13.18	187.44
7.52	0.3	28.5	4.42	62.85	62	9.61	136.72	104	16.12	229.34
10.16	0.4	29	4.50	63.95	75	11.63	165.39	117	18.14	258.01
12.7	0.5	31	4.81	68.36	88	13.64	194.06	132	20.47	291.09

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

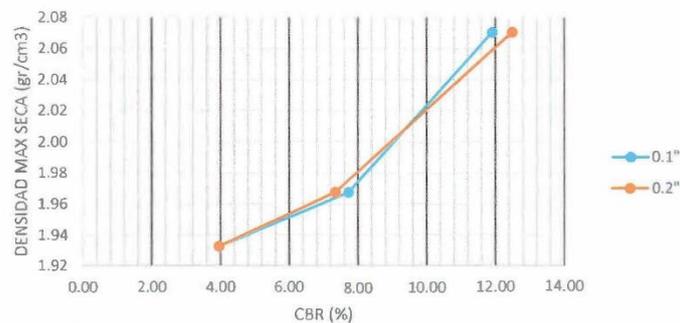
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
		
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05-09-2019	FECHA: 01-08-2019	FECHA: 05-09-2019

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429		CBR-LS-UPNC:
PROYECTO:	CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO LIQUIDO RC- 250 AL 2%, 4% Y 6%		
CALICATA:	CI	ESTRATO: E1	TIPO DE MATERIAL: SUELO + 4% ASFALTO RC
UBICACIÓN:	JR NICOLAS ARRIOLA	COLOR DE MATERIAL:	AMARILLENTO
FECHA DE MUESTREO:	22/06/2019	RESPONSABLE:	CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA
FECHA DE ENSAYO:	08/07/2019	REVISADO POR:	

ESFUERZO PARA 0.1" DE PENETRACIÓN Y DENSIDAD SECA			
Molde N°	Molde N°1	Molde N°2	Molde N°3
Penetración (Pulg.)	0.1	0.1	0.1
Esfuerzo del suelo (Lb/pulg ²)	39.69	77.18	119.08
Esfuerzo patrón (Lb/pulg ²)	1000	1000	1000
CBR %	3.97	7.72	11.91
Ds (gr/cm ³)	1.93	1.97	2.07

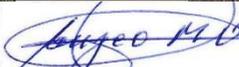
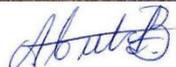
ESFUERZO PARA 0.2" DE PENETRACIÓN Y DENSIDAD SECA			
Molde N°	Molde N°1	Molde N°2	Molde N°3
Penetración (Pulg.)	0.2	0.2	0.2
Esfuerzo del suelo (Lb/pulg ²)	59.54	110.26	187.44
Esfuerzo patrón (Lb/pulg ²)	1500	1500	1500
CBR %	3.97	7.35	12.50
Ds (gr/cm ³)	1.93	1.97	2.07

DENSIDAD SECA-CBR



Den max gr/cm ³	2.05	cbr (0.1")	11
		Cbr (0.2")	11.5

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
		
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05-09-2019	FECHA: 01-08-19	FECHA: 05-08-2019

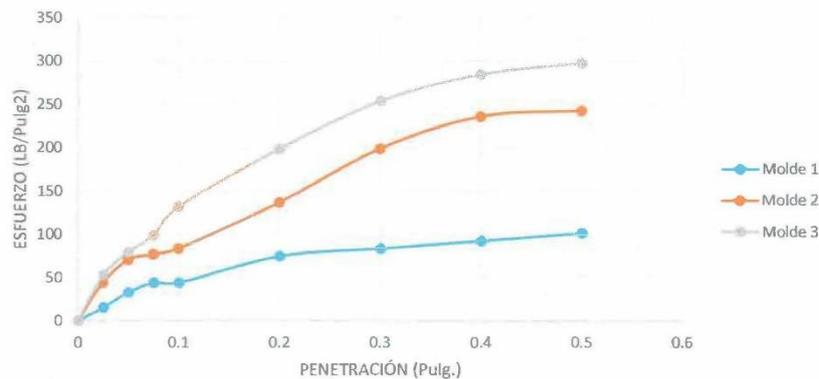


LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA											
PROTOCOLO											
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					CÓDIGO DEL DOCUMENTO:				
	NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429					CBR-LS-UPNC:				
	TESIS:	CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO LIQUIDO RC- 250 AL 2%, 4% Y 6%									
CALICATA:	CI	ESTRATO:	EI	TIPO DE MATERIAL:			SUELO + 6% ASFALTO RC				
UBICACIÓN:	JR NICOLAS ARRIOLA			COLOR DE MATERIAL:			AMARILLENTO				
FECHA DE MUESTREO:	22/06/2019			RESPONSABLE:			CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA				
FECHA DE ENSAYO:	11/07/2019			REVISADO POR:							
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR											
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3					
N° Golpes		5		5		5					
N° Golpes por Capa		13		27		55					
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.				
Peso Molde	gr	8030	8030	7250	7250	7210	7210				
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12930	13095	12435	12515	12555	12595				
Peso Muestra húmeda	gr	4600	4915	5005	5085	5145	5185				
Volumen Muestra húmeda	cm ³	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94	2262.94				
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm ³	2.121	2.172	2.212	2.247	2.274	2.291				
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C	
Peso Recipiente	gr	27	27.6	27.6	37.9	39.6	27.7	27.9	39.8	27	
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	62.8	75	118.1	107.8	97	114.8	95.2	136.4	101.7	
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	60.4	71.9	108.2	103.4	93	106.7	91.2	129.6	94	
Peso del Agua	gr	2.4	3.1	8.9	4.4	4	8.1	4	6.8	7.7	
Peso Muestra Seca	gr	33.4	44.3	80.6	65.5	53.4	79	63.3	89.8	67	
Contenido de Humedad ; W%	%	7.079		12.283		7.065		10.253		7.054	
Promedio Contenido de Humedad	%	9.681		8.659		9.273					
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm ³	1.957		2.052		2.089					
ENSAYO DE HINCHAMIENTO											
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03			
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	1	0.052	1.321	1.135	0.012	0.305	0.282	0.013	0.330	0.284	
48	2	0.0531	1.349	1.159	0.021	0.533	0.458	0.024	0.610	0.524	
72	3	0.0525	1.334	1.146	0.0259	0.658	0.565	0.0265	0.673	0.578	
96	4	0.0538	1.367	1.174	0.0285	0.724	0.622	0.0279	0.709	0.609	
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				DOCENTE				
NOMBRE: Cristian A. Gamero Valencia			NOMBRE: Coord. Victor Cuzco Minchán				NOMBRE: Ing Alejandro Cubas Becerra				
FECHA: 05-09-2019			FECHA: 01/08/19				FECHA: 05-09-2019				

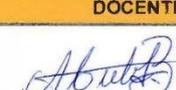
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429		CBR-LS-UPNC:
TESIS:	CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO LÍQUIDO RC- 250 AL 2%, 4% Y 6%		
CALICATA:	CI	ESTRATO: F1	TIPO DE MATERIAL: SUELO + 6% ASFALTO RC
UBICACIÓN:	JR NICOLAS ARRIOLA	COLOR DE MATERIAL:	AMARILLENTO
FECHA DE MUESTREO:	22/06/2019	RESPONSABLE:	CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA
FECHA DE ENSAYO:	15/07/2019	REVISADO POR:	

CARGA - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm ²	Lb/pl ²	kg	kg/cm ²	Lb/pl ²	kg	kg/cm ²	Lb/pl ²
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.64	0.025	7	1.09	15.44	20	3.10	44.10	24	3.72	52.93
1.27	0.05	15	2.33	33.08	32	4.96	70.57	36	5.58	79.39
1.81	0.075	18	2.79	39.69	35	5.43	77.18	45	6.98	99.23
2.54	0.1	20	3.10	44.10	38	5.89	83.80	60	9.30	132.31
5.06	0.2	34	5.27	74.98	62	9.61	136.72	90	13.95	198.47
7.52	0.3	38	5.89	83.80	90	13.95	198.47	115	17.83	253.60
10.16	0.4	42	6.51	92.62	107	16.59	235.96	129	20.00	284.47
12.7	0.5	46	7.13	101.44	110	17.05	242.57	135	20.93	297.70

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
		
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia FECHA: 05-09-2019	NOMBRE: Coord. Víctor Cuzco Minchán FECHA: 01-08-2019	NOMBRE: Ing. Alejandro Cubas Becerra FECHA: 05-09-2019

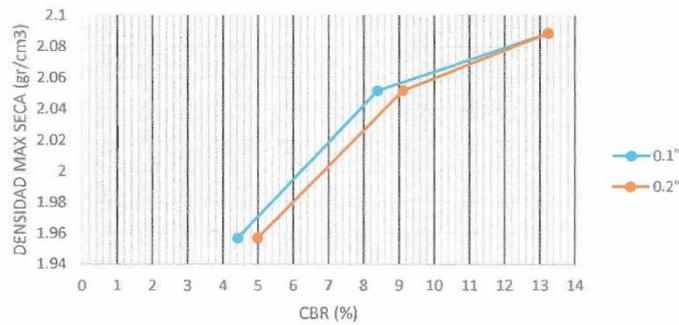


LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429	CBR-LS-UPNC:	
TESIS :	CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARENO - ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE ASFALTO LIQUIDO RC- 250 AL 2%, 4% Y 6%		
CALICATA:	CI	ESTRATO: E1	TIPO DE MATERIAL: SUELO + 6% ASFALTO RC
UBICACIÓN:	JR NICOLAS ARRIOLA	COLOR DE MATERIAL:	AMARILLENTO
FECHA DE MUESTREO:	22/06/2019	RESPONSABLE:	CRISTHIAN A. GAMERO VALENCIA
FECHA DE ENSAYO:	15/07/2019	REVISADO POR:	

ESFUERZO PARA 0.1" DE PENETRACIÓN Y DENSIDAD SECA			
Molde N°	Molde N°1	Molde N°2	Molde N°3
Penetración (Pulg.)	0.1	0.1	0.1
Esfuerzo del suelo (Lb/pulg ²)	44.10	83.80	132.31
Esfuerzo patrón (Lb/pulg ²)	1000	1000	1000
CBR %	4.41	8.38	13.23
Ds (gr/cm ³)	1.96	2.05	2.09

ESFUERZO PARA 0.2" DE PENETRACIÓN Y DENSIDAD SECA			
Molde N°	Molde N°1	Molde N°2	Molde N°3
Penetración (Pulg.)	0.2	0.2	0.2
Esfuerzo del suelo (Lb/pulg ²)	74.98	136.72	198.47
Esfuerzo patrón (Lb/pulg ²)	1500	1500	1500
CBR %	5.00	9.11	13.23
Ds (gr/cm ³)	1.96	2.05	2.09

DENSIDAD SECA-CBR



Den max gr/ cm ³	2.08	cbr (0.1")	12.2
		Cbr (0.2")	12.4

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Cristhian A. Gamero Valencia	NOMBRE: Coord.Victor Cuzco Minchán	NOMBRE: Ing Alejandro Cubas Becerra
FECHA: 05-09-2019	FECHA: 01-08-2019	FECHA: 05-09-2019