

Stabilization of the subgrade using Viaforte cement and Calcareous Residues from Concha de Abanico from the Bella Mar Sector – Huanchaquito Bajo, 2021

Midely Peña Lopez, Br.¹; Naysha Sifuentes Alvarez, Br.¹; German Sagastegui Vásquez, Mg.Ing.²

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú. n00146116@upn.edu.pe y n00146116@upn.edu.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú. german.sagastegui@upn.edu.pe

Abstract- The present investigation was carried out in Trujillo at the Universidad Privada del Norte, where the stabilization of the subgrade was determined using Viaforte cement and calcareous residues of Abanico shell of the Bella Mar Sector, Huanchaquito Bajo, the type of sampling was non-probabilistic, applying a technique of data collection with the use of observation sheets and for the analysis of these, statistical tests were executed. Four pits were studied in the 1.5 km road, classified by AASHTO and SUCS, and for the calculation of CBR 42 specimens were used, with 0%, 3%, 6% and 9% of Viaforte Cement and the same percentages with RCCA. As a result, it was obtained that the soil is SP and A-3, the CBR value is 3.22% and when applying 9% RCCA and Viaforte cement, 39.18% and 6.47% were obtained, respectively. In the unconfined compression test, 0.69 Kg/cm² was obtained and when using 9% of Calcareous Residues of Fan Shell and Viaforte Cement, 1.37 Kg/cm² and 2.04 Kg/cm² were obtained. Finally, it was determined that viaforte cement and RCCA improve the physical-mechanical properties.

Key words: Stabilization, calcareous fan shell waste, Viaforte cement and CBR.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.283>

ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

Estabilización de la subrasante empleando cemento Viaforte y Residuos Calcáreos de Concha de Abanico del Sector Bella Mar – Huanchaquito Bajo, 2021

Midely Peña Lopez, Br.¹; Naysha Sifuentes Alvarez, Br.¹; German Sagastegui Vásquez, Mg.Ing.²

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú. n00146116@upn.edu.pe y n00146116@upn.edu.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú. german.sagastegui@upn.edu.pe

Resumen– La presente investigación se desarrolló en Trujillo en la Universidad Privada del Norte, donde se determinó la estabilización de la subrasante empleando Cemento Viaforte y Residuos Calcáreos de Concha de Abanico del Sector Bella Mar, Huanchaquito Bajo, el tipo de muestreo fue no probabilístico, aplicando una técnica de recolección de datos con el uso de fichas de observación y para el análisis de estos se ejecutaron las pruebas estadísticas. Se estudió 4 Calicatas en la vía de 1.5Km, clasificándolas por AASHTO y SUCS, y para el cálculo de CBR se usó 42 especímenes, con 0%, 3%, 6% y 9% de Cemento Viaforte y los mismos porcentajes con RCCA. Como resultado se obtuvo que el suelo es SP y A-3, el valor de CBR es 3.22% y al aplicar 9% de RCCA y Cemento Viaforte se obtiene 39.18% y 6.47% respectivamente. En el ensayo de compresión No confinada se obtuvo 0.69 Kg/cm² y al usar 9% de Residuos Calcáreos de Concha de Abanico y Cemento viaforte se obtiene 1.37 Kg/cm² y 2.04 Kg/cm². Finalmente se determinó que el cemento viaforte y RCCA mejoran las propiedades físico-mecánicas.

Palabras clave: Estabilización, Residuos Calcáreos de concha de Abanico, Cemento Viaforte y CBR.

Abstract- The present investigation was carried out in Trujillo at the Universidad Privada del Norte, where the stabilization of the subgrade was determined using Viaforte cement and calcareous residues of Abanico shell of the Bella Mar Sector, Huanchaquito Bajo, the type of sampling was non-probabilistic, applying a technique of data collection with the use of observation sheets and for the analysis of these, statistical tests were executed. Four pits were studied in the 1.5 km road, classified by AASHTO and SUCS, and for the calculation of CBR 42 specimens were used, with 0%, 3%, 6% and 9% of Viaforte Cement and the same percentages with RCCA. As a result, it was obtained that the soil is SP and A-3, the CBR value is 3.22% and when applying 9% RCCA and Viaforte cement, 39.18% and 6.47% were obtained, respectively. In the unconfined compression test, 0.69 Kg/cm² was obtained and when using 9% of Calcareous Residues of Fan Shell and Viaforte Cement, 1.37 Kg/cm² and 2.04 Kg/cm² were obtained. Finally, it was determined that viaforte cement and RCCA improve the physical-mechanical properties.

Key words: Stabilization, calcareous fan shell waste, Viaforte cement and CBR.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú existen vías que no están en buen estado, presentando problemas en la subrasante, de las cuales en su gran parte de las vías aún no se han pronosticado soluciones que ayude de manera eficaz al desarrollo del país, ya que este sector

(transporte) apoya a la integración económica, social y cultural creando oportunidades a nuevos mercados en crecimiento. Por ende, se necesita que las vías tengan una buena calidad en sus propiedades físico/mecánicas para su correcta ejecución, pero muchas de ellas tienen un corto espacio de vida útil debido a una variedad de factores como son; un mal estudio de tráfico, suelos, clima, materiales, inadecuado mantenimiento, bajo porcentaje CBR, entre otros [1].

En la subrasante de los pavimentos localizamos variedad de suelos que presentan diferentes características de resistencia, este es el caso de los suelos arenosos que tiene una baja calidad de la capacidad de soporte, y a su vez sensibilidad frente a la humedad dando origen a una inestabilidad produciendo así grandes daños en las estructuras [2].

Actualmente la estabilización de suelos propone para dar solución a problemas que presentan los suelos desfavorables durante la construcción de pavimentos, como es el caso de las subrasantes en Perú, donde el terreno se encuentra en mal estado y con baja resistencia [3]. Dada la problemática que presentan los suelos inestables es decir por su baja resistencia, se desarrolló una investigación donde se centró en evaluar al cemento como estabilizante de suelos como lo son las arcillas, arenas y afirmados, mejorando las distintas propiedades, ampliando su resistencia [4]. Por otro lado, la adición de concha de abanico triturada mejora las propiedades de un suelo arenoso natural y aumenta la capacidad de carga y la resistencia al corte en comparación con el suelo natural hasta en un 53,6%, al añadir concha de abanico triturada de 25%, el índice de vacíos y el contenido de humedad también disminuyen con esta adición porcentual. Ya que a medida que aumenta la densidad del suelo, la permeabilidad disminuye, la comprensibilidad y el asentamiento se reducen [2].

Para mejorar la resistencia de la subrasante de los pavimentos, se requiere un aditivo estabilizante como cemento y residuos calcáreos de concha de abanico, siempre y cuando cumplan con los especiales requerimientos, ya que a través de la caracterización de los materiales y ensayos se adquieren nuevas propiedades al suelo de tal manera que se pueda realizar proyectos que ayuden tanto social como económicamente, ya que este tipo de proyectos son los que más aportan notablemente al crecimiento del país.

El objetivo del estudio fue mejorar el suelo a través de la metodología de estabilización adicionando 0%, 3%, 6% y 9%

de cemento Viaforte, puesto que en el caso de este material al ser mezclado con el suelo (arenoso) tiende a convertirse en un mortero obteniendo mayor resistencia y 0%, 3%, 6% y 9% residuos calcáreos de concha de abanico; ya que en ciudades cercanas cuentan con una variedad de recursos naturales a través de la actividad pesquera, donde los desechos de concha de abanico son arrojados en botaderos generando contaminación, es por eso que pretendemos usar este material que aportará económica y ambientalmente a esta vía no pavimentada que se encuentra en un mal estado perjudicando la transitabilidad de la zona. La vía en estudio se encuentra entre la carretera Huanchaco y la Av. Aviación perteneciente a la región Costa, distrito de Huanchaco, provincia de Trujillo, departamento La Libertad con una superficie de 333.9 Km² y una altitud de 23 msnm. Esta nueva técnica mejorará el comportamiento del suelo ante posibles asentamientos ya que en el Perú estos tienen baja resistencia.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. MUESTRA Y ENSAYOS

Se tomo muestra del lugar en estudio a través de 4 calicatas con medida de 1m x 1m x 1.50 m. Para los ensayos de capacidad de soporte se realizó un CBR cada 3 Km analizando los porcentajes de 3%, 6% y 9% de Cemento Viaforte y Residuos Calcáreos de Concha de Abanico, generando un total de 42 especímenes a ensayar. Se ha caracterizado el comportamiento del suelo a través de los siguientes ensayos:

- *El contenido de humedad del suelo natural* basado en la norma NTP 339.127. En este ensayo se establece el porcentaje de agua que existe en el suelo de la muestra extraída de las calicatas para determinarla, se pesa el material húmedo en su estado natural W_w , en esta investigación se pesó 415 gr aprox. de muestra por cada calicata, luego se ingresa al horno durante 24 horas y finalmente registrar su peso seco W_s .

Aparatos: balanza y horno

Fórmula para la obtención de los resultados:

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

Ec. 1 Contenido de Humedad

- *El Análisis granulométrico por tamizado* se realizó bajo la norma ASTM D422, El ensayo de Análisis granulométrico por Tamizado tiene por objeto adquirir el tamaño de las partículas que presenta la muestra para que así se clasifique en un tipo de suelo. El ensayo se realiza con la muestra en seco W_s con un peso de 510 gr que es tamizado por las mallas que se describe en la Norma, posterior a ello se pesa el material retenido en cada tamiz de las distintas aberturas. En los cálculos del ensayo se comprueba si la arena está bien o mal graduada encontrando el C_u y C_c ,

Aparatos: balanza, horno y tamices.

Expresión para los resultados:

$$\%RP = \frac{PRP}{W_s} \times 100$$

Ec.2 Porcentaje retenido en cada tamiz

$$\begin{aligned} \%RA1 &= \%RP1 \\ \%RA2 &= \%RP1 + \%RP2 \end{aligned}$$

Ec.3 Porcentaje acumulado en cada tamiz

$$\% \text{ que pasa} = 100\% - \%RA$$

Ec. 1 Porcentaje acumulado que pasa cada tamiz

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Ec. 2 Coeficiente de Uniformidad C_u

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Ec. 3 Coeficiente de Uniformidad C_c

- *La clasificación de suelos por el método de AASHTO* se realizó para conocer el tipo de suelo de la muestra, ya sea granular o fino y dependió del porcentaje que pasa el tamiz N°200 las condiciones lo estipula la norma ASTM D 3282.

$$IG = (F_{200} - 35) \times (0.2 \div 0.005 + 0.005 (LL - 40))$$

Ec.8 Índice de grupo para clasificar el suelo

Dónde:

F200 : Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N°200 expresado en número

LL : Límite Líquido

IP : Índice de plasticidad.

- *La clasificación de suelos por el método de SUCS* este sistema clasificó el suelo en gruesos o finos con el fin de describir el comportamiento de manera mecánica según la norma ASTM D 24877.
- *El ensayo de Proctor modificado* se realizó bajo la norma ASTM D 1557 donde se determinó el óptimo contenido de humedad con el cual el suelo logra su máxima densidad seca.

Aparatos: Molde cilíndrico 4 pulgadas con una altura de 4,584 pulg., pisón o Martillo, balanza, horno, regla para medir e instrumentos tales como cucharas, recipientes para la mezcla.

Expresión para los resultados:

Ya teniendo determinado el contenido de humedad de cada muestra, se deberá de calcular la densidad seca (D_s) de cada punto con la siguiente ecuación:

$$Ds = \frac{ym}{1 + w}$$

Ec.9 Densidad seca para Proctor

Dónde:

ym : densidad húmeda

w : contenido de humedad

- El ensayo de Densidad Relativa se realizó con el fin de determinar la Densidad Mínima Seca y la Densidad Máxima Seca en base a las normas ASTM D 4253 y ASTM D 4254.

Aparatos: mesa vibradora, moldes, balanza y bandeja.

Expresión para los resultados: Para determinar la densidad seca:

$$\rho_{amin,n} = \frac{M_s}{V}$$

Ec.10 Densidad mínima seca

Dónde:

$\rho_{amin,n}$: densidad mínima para cualquier prueba (g/cm)

M_s : masa de la muestra testada seca, Mg. o g.

V : volumen de la muestra ensayada seca, m³, cm³.

Para los métodos A y B. $V = V_c$, para el método C, $V = V_g$.

Para determinar la máxima densidad:

$$\rho_{dmax,n} = \frac{M_s}{V}$$

Ec.11 Densidad máxima

Dónde:

$\rho_{dmin,n}$: densidad máxima para un ensayo determinado g/cm³

M_s : masa de la muestra seca, posterior al ensayo. g.

V : volumen de la muestra, posterior al ensayo, m³, o cm³, igual a : $V = V_c - (A_c \times H \times \text{Factor de conversión})$

- El ensayo de California Bearing Ratio estuvo realizado bajo la norma ASTM D 1883 con el fin de determinar la capacidad de soporte del suelo, se evaluó los porcentajes de 3%, 6% y 9% de Cemento Viaforte y RCCA y junto a ello la cantidad optima de agua para lograr una correcta compactación. Posterior a ello se compacto la muestra en 5 capas por cada molde de CBR, al primer molde se le dio 12 golpes por capa, al segundo 25 golpes por capa y al tercero 56 golpes por capa, terminado este paso; se colocó los 3 moldes dentro de un recipiente de agua por 4 días (96 horas) y se fue tomando los registros de lectura para la expansión cada 24 horas. Después de los 4 días se retiró el dial, trípode, sobrecarga y la placa de expansión, para dejar drenar el agua sobrante por 15 minutos, y así realizar el ensayo de carga – penetración de cada molde es decir para determinar la resistencia a la penetración de la muestra.

Aparatos:

- Prensa de compresión, molde de metal cilíndrico y una placa de base perforada.
- Disco espaciador de metal, de forma circular.
- Pistón de penetración metálico de sección transversal circular.
- Aparato medidor de expansión, dial y trípode, dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") más un depósito para la inmersión de los moldes.
- Papel filtro, espátulas, enrasador y pipeta.

Expresión para los resultados:

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

Ec. 11 Capacidad de soporte del suelo

Donde:

σ_t : esfuerzo de la muestra ensayada

σ_p : esfuerzo patron

- En el ensayo de permeabilidad se calculó el coeficiente de permeabilidad para conocer el grado de filtración tiene el suelo, se siguió los parámetros estipulados por la norma ASTM D 2434.

Aparatos: permeámetro, bandeja, termómetro, metro, probetas graduadas (100 y 50ml), vernier, cronometro, soporte, balanza y recipientes apropiados para el ensayo.

Expresión para los resultados:

Obtenido un mínimo de cuatro medidas válidas se calculó: el Coeficiente de Permeabilidad y el valor de k a la temperatura del ensayo, mediante la expresión:

$$k = 2.3 \times \frac{a \cdot L}{A \cdot \Delta t} \times \log_{10} \left(\frac{h_1}{h_2} \right)$$

Ec.12 Coeficiente de Permeabilidad

Donde:

k : coeficiente de permeabilidad (cm/seg.)

a : sección transversal del tubo de carga (cm²)

L : longitud de la muestra (cm.)

A : sección de la muestra (cm²)

t : tiempo del ensayo (seg.)

h_1 : altura del agua al comienzo del ensayo (cm.)

h_2 : altura del agua finalizado el ensayo (cm.)

A continuación, se calcula, para cada ensayo, la k_{20} (coeficiente de permeabilidad estándar a 20 °C) mediante la expresión:

$$k_{20} = k \times fc$$

Ec.13 Coeficiente de permeabilidad estándar a 20 °C

Donde:

k : coeficiente de permeabilidad (cm/seg.)

fc : factor de corrección

$$fc = \frac{\text{viscosidad del agua a } T \text{ ambiente}}{\text{viscosidad del agua a } 20^\circ\text{C}}$$

Ec.14 Factor de corrección

- *El ensayo de Compresión No Confinada* en base a la norma NTP 339.167. Este ensayo fue realizado tanto para el suelo patrón como para las muestras experimentales, es decir, ya con los estabilizantes adicionados en porcentajes. Primero se tomó medidas del molde cilíndrico y su peso correspondiente, luego se le incorporo el material mezclado con la humedad optima obtenida en el ensayo de compactación dándole a cada molde 3 capas de 25 golpes hasta rasar el molde (muestras compactadas como especifica la norma) y así se realizó este paso para cada porcentaje de suelo con muestra más la adición de los estabilizantes. Después se desmolda con cuidado y se deja secar, el tiempo de curado para todas las probetas de esta investigación fue de 14 días, ya que al combinar con el carbonato de calcio se genera una trabajabilidad, pero también se debe de curar para su endurecimiento. Finalmente, pasado el tiempo de curación de las probetas se hizo la rotura de muestras cilíndricas en la máquina que posee un dial el cual va midiendo la deformación y la carga aplicada a través del tiempo que va transcurriendo.

Aparatos: máquina de compresión, moldes, balanza y bandejas.

Expresión para los resultados:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Ec.15 Deformación unitaria

Donde:

ΔL : cambio en la longitud del espécimen según las lecturas del indicador de deformación, mm (pulgadas)

L_0 : longitud inicial del espécimen de ensayo, mm (pulgadas)

Luego calcular la sección transversal promedio, A, para una carga aplicada dada como sigue:

$$A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon_1}$$

Ec.16 Sección transversal promedio

Donde:

A_0 : área promedio inicial de la sección transversal del espécimen, mm² (pulgadas²).

ε_1 : Deformación unitaria axial para la carga dada, %.

Para calcular el esfuerzo de compresión σ_c , con tres cifras significativas o con una aproximación de 1 KPa (0.01 Ton/pie²), para una carga aplicada dada, como sigue:

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

Ec.17 Esfuerzo de compresión

Donde:

P : carga aplicada dada, N (ton).

A : área promedio de la sección transversal correspondiente, mm² (pulgadas²).

B. CEMENTO VIAFORTE

Se utilizó el cemento de la marca Pacasmayo porque cuenta con las normativas pertinentes que confirman su confiabilidad como estabilizador de suelos, es de color gris y su uso principal es en pavimentos. Con una adición del 3% el peso del cemento es de 120 g, con un 6% el peso es de 240g y con un 9% su peso aumenta a 360 g.

C. RESIDUOS CALCÁREOS DE CONCHA DE ABANICO (RCCA)

Se usó Residuos Calcáreos de Concha de Abanico obtenidas de terceros, el cual las obtuvo del Laboratorio de Cerámicos y suelos de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT) – La Libertad que fueron trituradas y colocadas en el horno a 890 °C para finalmente ser tamizado por la malla #200.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. CONTENIDO DE HUMEDAD

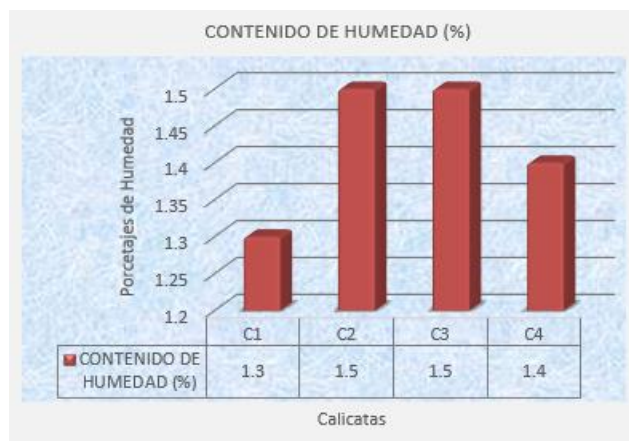


Fig. 1 Contenido de humedad de C1, C2, C3 y C4

La Fig. 1 muestra que el suelo del Sector Bella Mar Huanchaquito Bajo presenta mayor humedad en la C2 y C3 con un 1.50% mientras tanto la C1 presenta el valor más bajo de todas las calicatas con un 1.30%. Si el valor del ensayo de contenido de Humedad natural es igual o menor a la humedad optima del suelo se tomará la opción de la compactación natural del suelo y una beneficiosa cantidad de agua, si en caso el contenido de humedad natural es superior a la óptima se considerará el aumento de la energía de compactación [5].

B. ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Se realiza para registrar la distribución de las partículas del suelo en función de su tamaño. Es de importancia comprender la distribución del suelo estudiado porque su resistencia depende de la compacidad de sus partículas, por lo que, si la mayoría de los materiales presentes no son buenos, el suelo no tendrá la capacidad adecuada de carga [6].

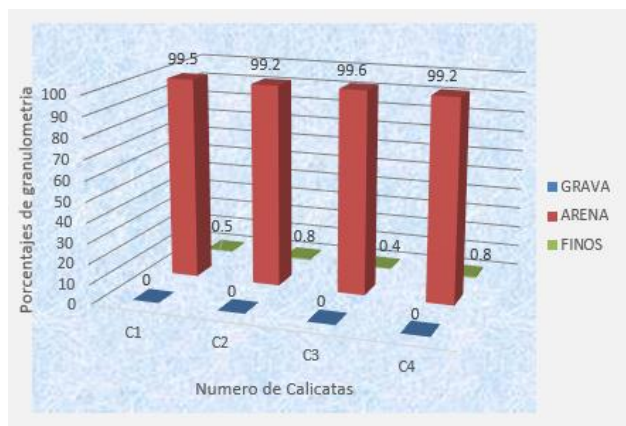


Fig. 2 Porcentajes de gravas, arenas y finos C1, C2, C3 y C4

En la Fig. 2 se detallan los resultados de 4 calicatas, de las cuales, según la curva granulométrica, el suelo con mayor incidencia es la arena, presentando en la C1 un porcentaje de arena de 99.5%, de grava 0% y finos 0.5%; mientras que en la C2 presenta un porcentaje de 99.2%, 0% de grava y 0.8% de finos; así mismo la C3 presenta 99.6% de arena, 0% de grava y 0.4% de finos y por último la C4 tiene 99.2% de arena, 0% de grava y 0.8% de finos. Como el material en estudio presenta 0% de grava se concluye que no es regular ya que las gravas proporcionan resistencia al corte y según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2013 recomienda que un suelo debe de tener mayor contenido de gravas, continuo de arenas y por último finos [7].

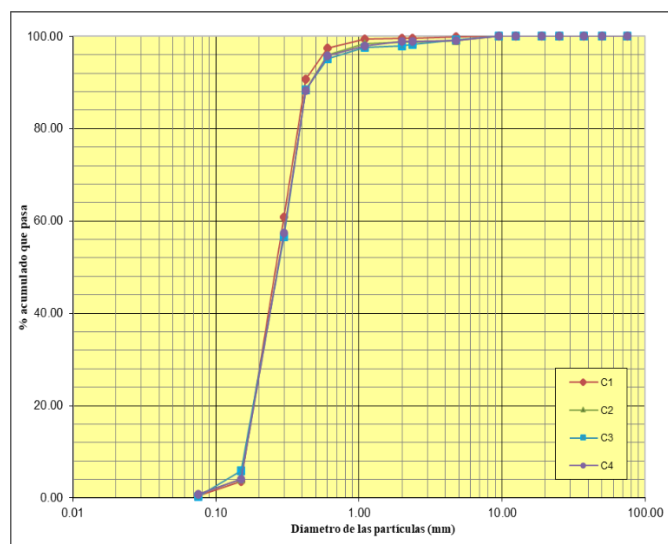


Fig. 3 Curva granulométrica de C1, C2, C3 y C4

En la Fig. 3, se muestra la curva granulométrica de las 4 calicatas donde el mayor porcentaje de suelo es arena. El ensayo del Análisis granulométrico de suelos por tamizado nos proporcionó las curvas granulométricas de las muestras de suelo del Sector Bella Mar – Huanchaquito.

C. CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR SUCS Y AASHTO

TABLA 1
ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR SUCS Y AASHTO

CALICATAS	AASHTO		SUCS	
C1	A-3	Arena fina	SP	Arena mal graduada
C2	A-3	Arena fina	SP	Arena mal graduada
C3	A-3	Arena fina	SP	Arena mal graduada
C4	A-3	Arena fina	SP	Arena mal graduada

La clasificación de suelo de la vía del Sector Bella Mar – Huanchaquito Bajo – Huanchaco, se detalla en la Tabla 1 según los métodos de AASHTO y SUCS.

D. PROCTOR MODIFICADO

La prueba Proctor modificado tiene el propósito determinar la densidad máxima seca (DMS) y el contenido óptimo de agua (CH) del suelo. Se basa en la eliminación del aire existente en el suelo mediante una energía de compactación, y como objetivo tener menor permeabilidad, mayor resistencia y menor deformación [8]. En la presente investigación se realizó Proctor modificado basado en el método A [9] tanto para la C1 y C2.

En la Fig. 4 se muestra la densidad máxima seca y el contenido de humedad del suelo, cuya densidad máxima seca es de 1.62 gr/cm³ en la C1 y C2 y su contenido de humedad óptimo es de 4.89 % y 4.98% respectivamente. De acuerdo con la ASTM D 4253 y ASTM D 4254 establece que para los suelos no cohesivos (SP) con granulometría de 20% de arena gruesa, 48% de arena media, 30% arena fina y 2% de finos, ya que el suelo en estudio cumple con estos parámetros establecidos se llevó a cabo el ensayo de densidad Relativa para determinar la densidad máxima seca y la densidad mínima seca del suelo.

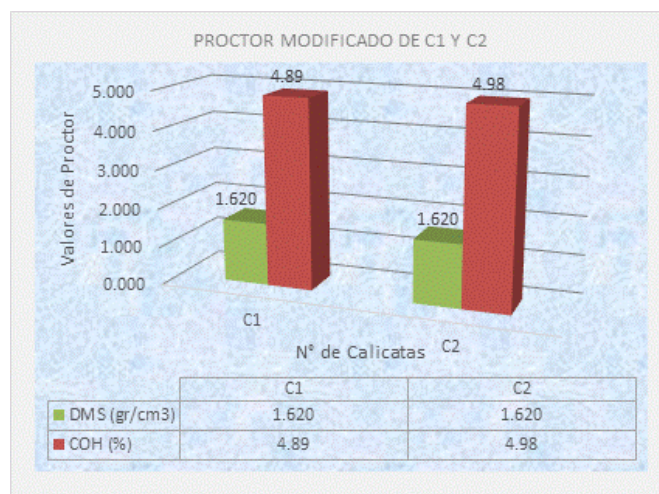


Fig. 4 Análisis de los resultados del ensayo de Proctor de la C1 y C2

E. DENSIDAD RELATIVA

La densidad relativa es una propiedad de los suelos la cual se emplea en gravas y arenas; este ensayo se realiza en suelos que contienen partículas mayores a 0.074 mm (malla #200).

Por teoría el ensayo de Proctor modificado se realiza con el fin de controlar la compactación, sin embargo, en el caso de arenas limpias (sin finos) uniformes, no es frecuente realizar

este ensayo para determinar la densidad máxima seca ya que al aplicar la energía no es capaz de ordenar de manera más densa la arena; debido a que pierde energía por fricción entre los granos de arena variando así los resultados de Proctor. Por lo tanto, para este tipo de suelo (arena) se realiza el ensayo de Densidad Relativa dando como resultado la densidad máxima y mínima que el suelo puede alcanzar [10].

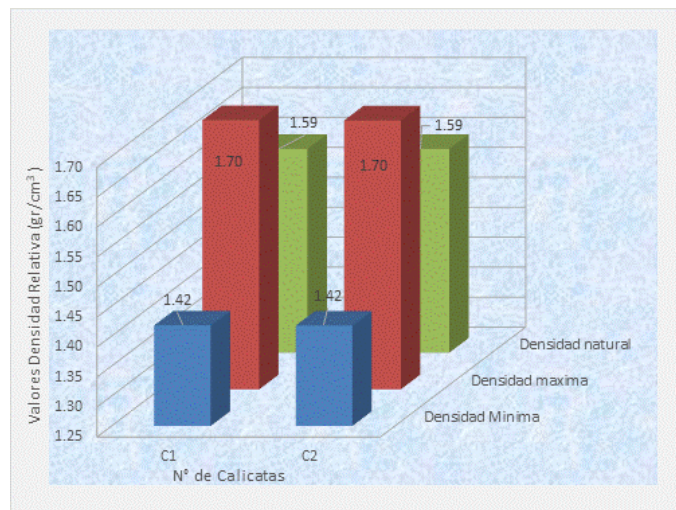


Fig. 5 Análisis de los resultados de Densidad Relativa de la C1 y C2

En la Fig. 5 se muestra los resultados de la densidad máxima seca (DMS) y el óptimo contenido de humedad (OCH).

F. CALIFORNIA BEARING RATIO

El ensayo de Relación de Soporte California (CBR) se usa para determinar la capacidad de soporte de bases, subbases y subrasantes de suelos con la ayuda de un índice de resistencia, el valor de la relación de carga, la humedad óptima y la densidad seca máxima del suelo [11].

En la Fig. 5 se muestra el resultado del ensayo de CBR de C1 y C2, de los cuales se obtuvo los valores en estado natural de 3.06 % y 3.22% respectivamente al 95% de la Densidad Máxima Seca a 0.1", siendo una subrasante inadecuada por que los resultados se ubican en el rango de ≥ 3 CBR < 6 [12]. Pero al aumentar 3% de Residuos Calcáreos de Concha de Abanico (RCCA) se aumenta a 27.16% en la C1 estando en la categoría de subrasante muy buena y en la C2 aumenta a 33.85% siendo excelente. Y al aplicar 3% de Cemento Víaforite la C1 aumenta a 56.84% y la C2 a 55.17% situándose en el rango de subrasante excelente ya que es mayor a 30% de CBR, empleando 6 % de RCCA el valor aumenta en 31.98% y 32.58% de la C1 y C2 respectivamente, siendo subrasante excelente y al usar 6% de Cemento Víaforite a 59.90% en la C1 y 60.85% en la C2. Y por último al aplicar 9 % de RCCA se obtiene un CBR de 39.22% en la C1 y 39.18% en la C2 siendo ambas excelentes y al utilizar 9% de Cemento Víaforite los valores aumentan considerablemente teniendo 65.85% en la C1 y 67.47% en la C2 ubicándose así en una categoría de subrasante excelente. Al comparar ambas calicatas se aprecia que la C1 tiene menor valor de CBR, por lo que se elegio la C1 ya que el MTC señala

que se considera la calicata más desfavorable para analizar en los posteriores ensayos.

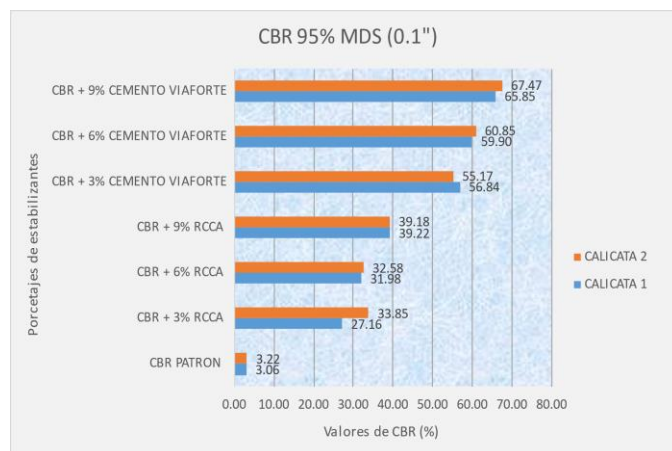


Fig. 6 Análisis de los resultados del ensayo de CBR de la C1 y C2

G. PERMEABILIDAD

El ensayo de permeabilidad es aplicable en suelos limos, arenas y gravas; pues el coeficiente de permeabilidad tiene la relación infiltración – escorrentía, incluye en la interacción suelo – líquido. La permeabilidad de un suelo será más baja cuando más pequeñas sean sus partículas y menor serán los vacíos que forman los canales de flujo, en algunos suelos es provocada por arrastre de sus finos, causando filtración [13].

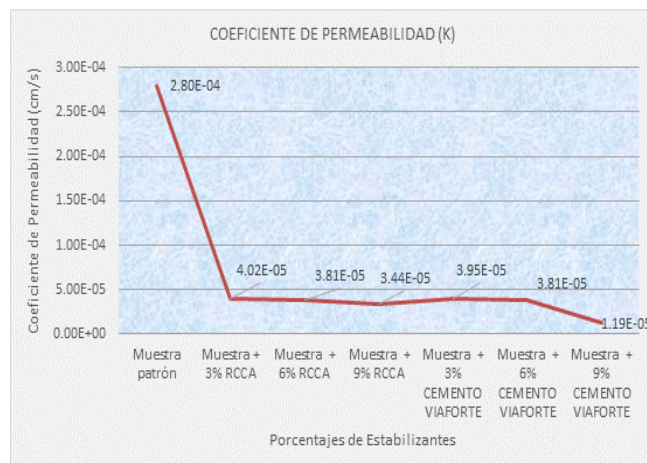


Fig. 7 Análisis de los resultados del ensayo de Permeabilidad de C1

En la Fig. 7 se detalla el resumen de los resultados del coeficiente de permeabilidad donde la muestra patrón tiene un valor de 2.8×10^{-4} cm/s siendo así una arena con grado de permeabilidad baja [10] y al aplicar 3% de residuos calcáreos de concha de abanico y 3 % de cemento Víaforite su grado es muy baja con un resultado de 4.02×10^{-5} cm/s y 3.95×10^{-5} cm/s respectivamente, y al dosificar el mayor porcentaje de residuos calcáreos de concha de abanico y cemento Víaforite de la investigación en estudio, se obtiene los valores de 3.44×10^{-5} cm/s y 1.19×10^{-5} cm/s correspondientemente llegando a tener un grado de permeabilidad muy baja.

H. COMPRESIÓN NO CONFINADA

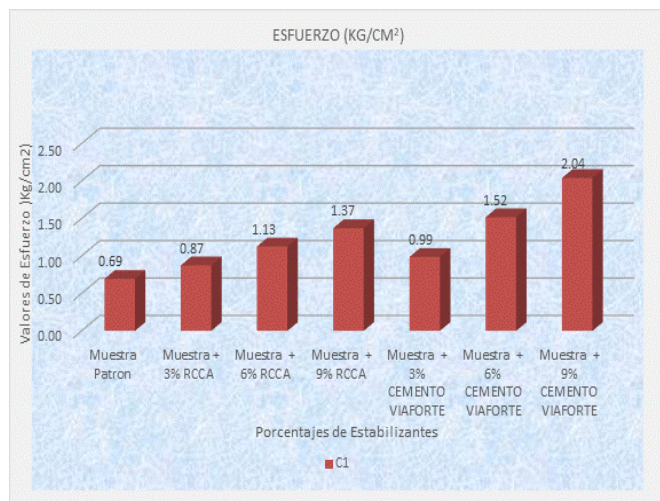


Fig. 8 Análisis de los resultados del ensayo de Compresión No Confinada de C1

Se muestra en la Fig. 8 el resultado del esfuerzo de la muestra patrón es de 0.69 Kg/cm² en C1, teniendo una consistencia de suelo media [14] ya con la adición de 3% de RCCA el valor aumenta a 0.87 Kg/cm² manteniéndose en su consistencia a la del suelo patrón y cuando se le aplica 6% de RCCA se obtienen los valores de 1.13 Kg/cm² adquiriendo una consistencia firme, al adicionar 9% se tiene un mayor resultado de 1.37 Kg/cm² llegando a tener una consistencia firme. Al emplear el otro estabilizante a un porcentaje del 3% se obtiene el valor de 0.99 Kg/cm² manteniendo la misma consistencia media del suelo patrón y al utilizar 6% el suelo resulta firme con un valor de 1.52 Kg/cm². El suelo alcanza el mayor valor de esfuerzo con una consistencia muy firme al aplicar 9% de cemento Viaforte con el valor de 2.04 Kg/cm².

TABLA 2
RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS ENSAYOS

ENSAYOS DE MUESTRA PATRON				
A. Contenido de Humedad	CH (%)			
	C1	C2	C3	C4
	1.3	1.5	1.5	1.4
B. Análisis Granulométrico por tamizado	Calicatas	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
	C1	-	99.5	0.5
	C2	-	99.2	0.8
	C3	-	99.3	0.7
	C4	-	99.35	0.65
C. Clasificación de Suelo	Calicata	AASHTO	SUCS	
	C1			
	C2	(A-3) Arena	(SP) Arena	
	C3	Fina	mal graduada	
	C4			
D. Proctor Modificado	Calicata	DSM (gr/cm3)	HO (%)	
	C1	1.620	1.620	
	C2	4.89	4.98	
ENSAYOS DE MUESTRA ALTERADA				

E. Densidad Relativa	γ_d min. (gr/cm ³)		γ_d máx. (gr/cm ³)	
	C1	C2	C1	C2
		1.42	1.7	
F. California Bearing Ratio - CBR (%)	Porcentajes		C1	C2
	CBR Patrón		3.06	3.22
	CBR + 3% RCCA		27.16	33.85
	CBR + 6% RCCA		31.98	32.58
	CBR + 9% RCCA		39.22	39.18
	CBR + 3% C. Viaforte		56.84	55.17
	CBR + 6% C. Viaforte		59.90	60.85
	CBR + 9% C. Viaforte		65.85	67.47
G. Permeabilidad (cm/s)	Porcentajes		C1	
	Muestra Patrón		3.48E-05	
	Muestra + 3% RCCA		4.02E-05	
	Muestra + 6% RCCA		3.81E-05	
	Muestra + 9% RCCA		3.44E-05	
	Muestra + 3% C. Viaforte		3.95E-05	
	Muestra + 6% C. Viaforte		3.81E-05	
	Muestra + 9% C. Viaforte		1.19E-05	
H. Compresión No Confinada (Kg/cm ²)	Porcentajes		C1	
	Muestra Patrón		0.69	
	Muestra + 3% RCCA		0.87	
	Muestra + 6% RCCA		1.13	
	Muestra + 9% RCCA		1.37	
	Muestra + 3% C. Viaforte		0.99	
	Muestra + 6% C. Viaforte		1.52	
	Muestra + 9% C. Viaforte		2.04	

IV. CONCLUSIONES

- Se determinó que los residuos calcáreos de concha de abanico mejoran las propiedades físicas y mecánicas del suelo encontrado, a través del ensayo California Bearing Ratio (CBR) se estableció que al incorporar 9% de residuos calcáreos de concha de abanico aumenta un 39.18% y el suelo natural presenta un valor de 3.22% convirtiendo la subrasante de inadecuada a excelente mejorando su capacidad portante en cuanto a su resistencia y evitando fallas con el pasar del tiempo. De la misma manera se estableció que el coeficiente de permeabilidad del suelo natural es 2.8×10^{-4} cm/s y al aplicar 9% de RCCA se tiene 3.4×10^{-5} cm/s pasando de una permeabilidad baja a una muy baja, con estos resultados se está ayudando a que no se genere posibles deformaciones volumétricas en la subrasante y a la larga reducir posibles problemas en la calzada.

- Se determinó que el cemento Viaforte mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo de manera más efectiva que los residuos calcáreos de concha de abanico ya que al aplicar 9% en el ensayo de CBR se tiene un 67.47% casi duplicando el valor cuando se aplica residuos calcáreos de concha de abanico en el mismo porcentaje, de esta manera se adquirió una subrasante excelente que al momento de recibir todas las cargas esta soportara a gran manera y a la vez aporta una solución a las deficientes características que presenta el suelo. En cuanto al coeficiente de permeabilidad al aplicar 9% de cemento Viaforte se obtuvo 1.02×10^{-5} cm/s pasando así de

una permeabilidad baja a una muy baja reduciendo considerablemente el porcentaje de vacíos que tiene el suelo.

- Se analizó la resistencia mecánica a través del ensayo de compresión no confinada del suelo en la C1 donde se obtuvo 0.69 kg/cm² siendo un suelo de consistencia media y al aplicar 9% de residuos calcáreos de concha de abanico se tiene 1.37 kg/cm² adquiriendo una consistencia firme y cuando se aplica 9% de cemento Víafora el cual es el óptimo porcentaje ya que tiene un esfuerzo mayor de 2.04 kg/cm² teniendo el suelo una consistencia muy firme mejorando así la resistencia a la deformación y a la ruptura.

- El uso de Residuos Calcáreos de Concha de Abanico como agente estabilizante funciona de modo viable y económico, y a la vez brinda una nueva funcionalidad para reducir la contaminación del medio ambiente puesto que, al hacer uso de este material para la estabilización de suelos en tramos de mayor longitud se estaría disminuyendo las grandes cantidades de los residuos de conchas de abanico arrojados en botaderos.

REFERENCIAS

- [1] Cuipal, B. K. (2018). Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas – Huancas, Amazonas, 2018 (Tesis de Pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima.
- [2] Anticona, J. (2020). Adición de concha de abanico triturado como elemento estabilizador en suelos arenosos en la Avenida Umanmarca, Villa el Salvador 2020 (Tesis de Pregrado). Universidad César Vallejo, Lima.
- [3] Estrada, D., & Ventura, P. (2019). Estabilización de la subrasante del suelo del Centro Poblado San Ignacio con ceniza de concha de abanico, con fines de pavimentación, distrito de Guadalupe – La Libertad, 2019 (Tesis de Pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Chimbote.
- [4] Becerra, A. C., & Herrera, A. E. (2019). Estabilización de arcillas, arenas y afirmados, empleando los cementos Pacasmayo Víafora, Mochica y Qhuna - Lambayeque, 2018 (Tesis de grado). Universidad Señor de Sipán, Pimentel.
- [5] Gongora, C. K. (2019). Influencia de la cal y el cemento portland tipo I en la subrasante de la trocha del distrito de Chillia, provincia de Patate - 2019 (Tesis de Pregrado). Universidad Privada del Norte, Trujillo.
- [6] Merritt, F. (1984). Manual del Ingeniero Civil. Mexico.
- [7] MTC. (2013). Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. sección: Suelo y Pavimento. Lima.
- [8] Altamirano, G. J., & Diaz, A. E. (2015). Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional autónoma de Nicaragua, Managua.
- [9] ASTM D 1557 Ensayo de Proctor Modificado. Lima
- [10] Tolentino, M. L. (2018). Permeabilidad del suelo con adición del 10% de ceniza de concha de abanico, Carretera Cambio Puente – Cascajal (Tesis de Pregrado). Universidad San Pedro, Chimbote.
- [11] Manual de ensayos de Materiales. (2016). Lima.
- [12] Angelone, S., Garibay, M. T., & Cauhapé, M. (2006). Permeabilidad de suelos. Universidad Nacional de Rosario, Rosario.
- [13] NTP 339.167 (2002) método del ensayo estándar para la Resistencia a la Compresión No Confinada de suelos cohesivos, Lima
- [14] Manual de procedimientos de ensayos de suelos. (2015). Bogotá.