



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
PIRHUA

# ESTUDIO COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON VALVAS DE MOLUSCOS PARA PAVIMENTACIÓN

Santiago Quezada-Osoria

Piura, Octubre de 2017

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Civil

Quezada, S. (2017). *Estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación* (Tesis en Ingeniería Civil). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una licencia  
[Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](#)

**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS  
ARCILLOSOS CON VALVAS DE MOLUSCOS PARA PAVIMENTACIÓN**

Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Civil

**Santiago Ernesto Quezada Osoria**

Asesor: Mgtr. Gaby Ruiz Petrozzi

Piura, Octubre 2017

A Dios, por el amor y la fortaleza brindada, a quien le debo absolutamente todo.

A mis padres y hermanas, ustedes son la mayor bendición de mi vida.

A mis amigos, por su sincera amistad.

## **Prólogo**

La industria de la construcción, dentro de su amplia gama, abarca la construcción de pavimentos, los cuales son muy importantes para el desarrollo de la vida humana. Los pavimentos se apoyan sobre el suelo, el cual muchas veces no cumple con los requisitos para ser usado en la estructura interna de un pavimento, por lo que se emplea la estabilización para modificar y mejorar las propiedades del suelo.

Existen varios tipos de estabilización, siendo la más común combinar suelo natural con material de préstamo. Esto supone la explotación de canteras para obtener los agregados necesarios, lo que ha generado un incremento en la demanda de agregados a nivel mundial. Ante esta situación, desde el año 2000 se iniciaron investigaciones, como esta, que proponen el uso de residuos de diferentes productos como material de agregado que reemplace a los convencionales, buscando lograr así un desarrollo sostenible.

En nuestra región, UDEP inició los estudios para dar uso a las conchas de abanico como agregados para la construcción, siendo Farfán (2014) el que inició la investigación en la aplicación de conchas de abanico para estabilizar pavimentos. Por lo tal motivo y con el afán de continuar esta línea de investigación, la presente tesis propone el uso de otro producto marino para estabilizar un tipo de suelo diferente a los ya estudiados, y explorar así la posibilidad de aumentar el número de productos no convencionales que pudieran ser usados como agregados.

Para concluir este apartado, quiero expresar mi sincero agradecimiento a las personas que me apoyaron en la realización de este proyecto. A la Ing. Gaby Patricia Ruiz Petrozzi, catedrática de esta casa de estudios, por ser mi asesora y consejera en el desarrollo de esta investigación; y al Técnico Francisco Castro, por la ayuda brindada en la realización de los ensayos en el laboratorio.

## **Resumen**

La presente investigación fue llevada a cabo con el objetivo de evaluar y comparar el uso de concha pico de pato y concha de abanico trituradas como estabilizadores mecánicos de suelo arcilloso por cambio de granulometría.

Las conchas empleadas fueron extraídas de la provincia de Sechura y fueron trituradas en un molino industrial, obteniendo partículas de tamaños entre 4.75 mm y 0.075 mm. Se realizaron 4 mezclas con proporciones variables de concha para las 2 especies (20%, 40%, 60% y 80%), además del patrón que fue el suelo arcilloso. Se evaluaron las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas mediante ensayos realizados en el Laboratorio de la Universidad de Piura.

Los resultados indican que la concha pico de pato ofrece menor capacidad de soporte que la concha de abanico al estabilizar un suelo arcilloso. Los residuos triturados de ambas especies logran estabilizar una subrasante arcillosa, pero no logran la resistencia para que dicha subrasante pueda ser usada como material de sub-base o base. La adición de los dos tipos de concha triturada reduce la absorción de agua por capilaridad, y son las mezclas con concha de abanico las que logran las menores absorciones por capilaridad.

## Índice General

Introducción.....	1
<b>Capítulo 1: Fundamentos de estabilización de suelos con fines de pavimentación.....</b>	<b>3</b>
1.1. Fundamentos de pavimentos.....	3
1.1.1. Capa de rodadura.....	6
1.1.2. Base.....	7
1.1.3. Sub base.....	8
1.1.4. Sub rasante.....	9
1.2. Fundamentos de estabilización de suelos.....	10
1.2.1. Tipos de estabilización.....	11
1.2.1.1. Estabilización física.....	11
1.2.1.2. Estabilización mecánica.....	11
1.2.1.3. Estabilización química.....	13
1.3. Estabilización de suelos con materiales no convencionales.....	15
1.3.1. Estabilización de suelos con productos marinos.....	16
1.3.2. Estabilización de suelos con concha pico de pato y concha de abanico.....	16
<b>Capítulo 2: Caracterización del suelo.....</b>	<b>19</b>
2.1. Lugar de extracción del suelo.....	19

2.2. Clasificación SUCS.....	21
2.3. Densidad máxima y humedad óptima.....	23
2.4. Capacidad de soporte.....	24
<b>Capítulo 3: Caracterización de las valvas.....</b>	<b>27</b>
3.1. Lugar de extracción de las valvas de molusco.....	27
3.2. Descripción de las especies.....	29
3.2.1. Concha pico de pato.....	29
3.2.2. Concha de abanico.....	31
3.2.3. Dimensionamiento de las valvas.....	33
3.3. Preparación de valvas de moluscos para su uso como material estabilizante.....	36
3.4. Granulometría de las valvas trituradas.....	38
<b>Capítulo 4: Evaluación de la estabilización del suelo con residuos de conchas.....</b>	<b>43</b>
4.1. Requerimientos granulométricos de las mezclas.....	43
4.2. Relación Humedad – Densidad.....	47
4.3. Capacidad de soporte del suelo (CBR).....	50
4.4. Absorción por capilaridad.....	55
4.4.1. Resultados.....	57
<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>59</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>61</b>
<b>Anexo A.....</b>	<b>63</b>
• Granulometría de las valvas trituradas	
<b>Anexo B.....</b>	<b>67</b>
• Resultados del suelo patrón	
<b>Anexo C.....</b>	<b>73</b>
• Resultados de las mezclas con concha pico de pato	
<b>Anexo D.....</b>	<b>95</b>
• Resultados de las mezclas con concha de abanico	
<b>Anexo E.....</b>	<b>113</b>
• Resultados dimensionamiento de las valvas evaluadas	

## **Introducción**

Existe actualmente una alta demanda de material para agregado en la industria de la construcción, razón por la cual los recursos naturales del mundo están disminuyendo drásticamente, generando un problema en el medio ambiente. Este problema ha dado pie a estudios e investigaciones para llevar un desarrollo sostenible, proponiendo usar residuos de diferentes productos como material para agregado que reemplace a los convencionales.

El departamento de Piura, ubicado en la costa norte de nuestro país, cuenta con una amplia gama de recursos naturales, los cuales son extraídos para su consumo y comercialización. Estas actividades como la pesca, agricultura, minería, manufactura y turismo son los pilares fundamentales de la economía en Piura. Dentro de la actividad pesquera, se encuentra la acuicultura, desarrollada principalmente en la Bahía de Sechura, principal zona de producción de moluscos bivalvos del país y que representa el 90% de producción nacional de conchas (El Regional Piura, 2015). Esta situación ha originado un grave problema ambiental debido a los residuos que genera la actividad de maricultura en Sechura. Éstos son depositados en botaderos municipales, acumulándose en gran masa por años (AQUAHOY, 2015), registrándose aproximadamente que unas 100 mil toneladas de estos residuos son arrojados cada año en los botaderos municipales, generando un problema de contaminación ambiental.

Además, en los últimos años el departamento de Piura ha sufrido un gran crecimiento poblacional, lo que ha generado la necesidad de construir más carreteras, en las cuales, el suelo donde se proyectan construir, muchas veces no cumple con las exigencias que se requieren, por lo que se realiza al suelo un mejoramiento mediante estabilización.

Por estos motivos, se han realizado investigaciones que proponen el uso de residuos de valvas trituradas como agregados para la elaboración de concreto y para la estabilización de suelos. Investigaciones como la de Nizama (2014), Saavedra (2016) y Castillo (2016)

concluyeron que es factible el uso de concha de abanico para la elaboración de concreto en un rango de trituración medio 1.18 mm – 4.75 mm, pero no sucede lo mismo fuera de este rango. Por otro lado, investigaciones como la de Farfán (2014) dio resultados satisfactorios al usar concha de abanico triturada para estabilizar una subrasante arenosa limosa, usando un rango de trituración más grande (0.85 mm - 9.53 mm). Es por eso que nuestra investigación propone evaluar el uso de dos especies de moluscos triturados en un rango más pequeño (0.075mm – 2 mm), como agregado para estabilizar un suelo arcilloso.

Evaluar la efectividad de estos residuos en una condición distinta de limpieza (investigaciones pasadas limpiaron los residuos de conchas antes de ser usados, a diferencia de la presente investigación que propone usar los residuos de conchas tal cual se encontraron, sin ser limpiados) podría ofrecer una posibilidad de reuso casi inmediato a los más de 100000 m<sup>3</sup> de residuos acumulados en los botaderos que no tienen ningún uso en la actualidad y ocupan un espacio que puede ser mejor aprovechado, obteniendo una solución ante la contaminación generada y una alternativa diferente, eficaz y más económica para la construcción.

## **Capítulo 1**

### **Fundamentos de estabilización de suelos con fines de pavimentación**

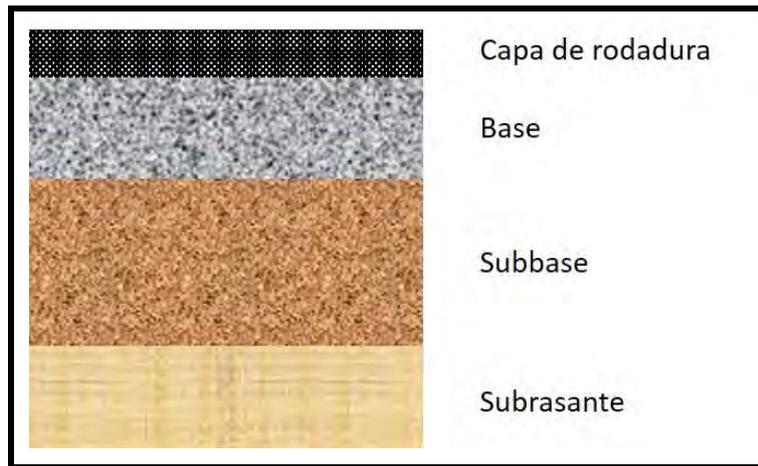
#### **1.1. Fundamentos de pavimentos**

El Pavimento “es una estructura de varias capas construida sobre la sub rasante del camino para resistir y distribuir esfuerzo originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

La estructura del pavimento se diseña para ser capaz de transmitir las cargas de la llanta del vehículo de tal manera que no se sobrepase la capacidad portante de la subrasante, así como proveer una calidad de manejo aceptable, una adecuada resistencia al ahuellamiento, deslizamiento y agrietamiento, y apropiados niveles de reflejo de luz y un nivel bajo de ruido.

Existen tres tipos de pavimentos los flexibles (asfalto), los rígidos (concreto) y los semirrígidos (compuesto), los cuales se definen según a como los materiales en los respectivos pavimentos transmiten los esfuerzos y las deflexiones a las capas subsecuentes.

El Pavimento flexible está compuesto por capas de sub base, base y una capa de rodadura (constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y aditivos), las cuales se colocan en orden descendente en función de su capacidad de carga. Resulta más económico en su construcción inicial, con un periodo de vida no menos a 8 años, pudiendo llegar hasta 20 años, pero requieren mantenimiento constante para cumplir con su periodo de vida.



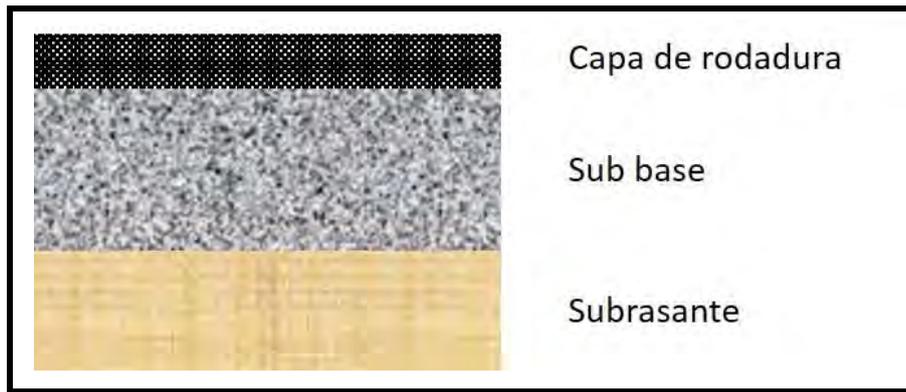
**Figura 1.** Esquema de la estructura de un pavimento flexible.

**Fuente.** Elaboración propia.



**Figura 2.** Ejemplo de un pavimento flexible de asfalto.

El pavimento rígido se compone por una capa de subbase granular y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico. La sub base granular puede reemplazarse en algunos casos por una base granular, o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal. Los pavimentos rígidos se dividen en tres categorías: pavimento de concreto simple con juntas, pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de fibras o mallas, y pavimento de concreto con refuerzo continuo. El pavimento rígido tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años, el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa en las juntas de las losas.



**Figura 3.** Esquema de la estructura de un pavimento rígido.

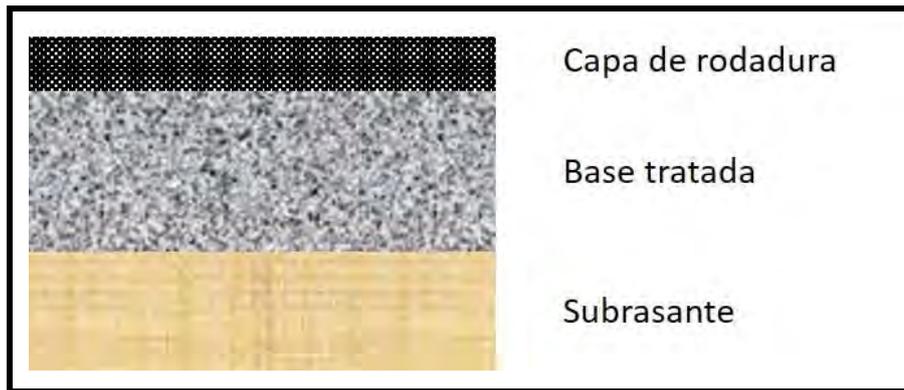
**Fuente.** Elaboración propia.



**Figura 4.** Ejemplo de un pavimento rígido.

El pavimento semirrígido se compone de capas asfálticas en caliente sobre base tratada con asfalto, cemento o cal. En un pavimento semirrígido se combinan tanto pavimento flexible como pavimento rígido, estando normalmente la capa rígida por debajo y la capa flexible por encima.

La estabilidad de suelos por medio de ligantes hidráulicos (cemento Portland) permite que se obtengan materiales con capacidad de soporte suficiente para construir capas para base en pavimentos sujetos a cargas pesadas como camiones. Los pavimentos adoquinados se incluyen como tipo de pavimentos semirrígidos. (Salgado, 2008).



**Figura 5.** Esquema de la estructura de un pavimento semirrígido.

**Fuente.** Elaboración propia.



**Figura 6.** Ejemplo de un pavimento semirrígido, de bloquetas de concreto.

### 1.1.1. Capa de rodadura

Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (pavimento flexible) o de concreto de cemento Portland (pavimento rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

Su objetivo principal es proteger la estructura del pavimento, impermeabilizando la superficie y así evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores del pavimento. Además, evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos y contribuye a aumentar la capacidad de soporte del pavimento, absorbiendo cargas, si su espesor es apreciable (mayor a 4 cm). Las superficies de rodadura asfálticas a su vez pueden ser: mezclas asfálticas en frío, mezclas asfálticas en caliente, riegos asfálticos y sellos asfálticos (Vera, 2013).



**Figura 7.** Vista de la capa de rodadura de asfalto de un pavimento.

### **1.1.2. Base**

Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito.

La finalidad principal de la base es de absorber todos los esfuerzos que las cargas de los vehículos transmiten y repartir dichos esfuerzos uniformemente a la sub base y sub rasante. La base es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos que producen los vehículos a su paso. La carpeta es colocada sobre ella pues la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento. Es importante que se realice una buena compactación de la base, para que pueda resistir todas las cargas del tránsito sin llegar a deformarse y a la vez transmitir las adecuadamente a las capas inferiores.

En el Perú se recomienda que esta capa sea de material granular drenante, con un CBR mayor a 80% o será tratada con asfalto, cal o cemento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013). En general deberá cumplir con los requisitos especificados en la Tabla 1 y en la Figura 8 se observa la capa base ya compactada de una vía urbana en Piura.

**Tabla 1.** Requisitos de material pétreo para base del pavimento.

CAPA	Base
<b>Granulometría</b>	Dentro de los husos granulométricos (A, B, C, D) establecidos por la Norma ASTM D 1241
<b>Índice de Plasticidad IP</b>	4% Máx.
<b>CBR</b>	80% Mín. para pavimentos con E.E. < 10 <sup>6</sup> 100% Mín. para pavimentos con E.E. > 10 <sup>6</sup>
<b>Equivalente de arena</b>	35% Mín.
<b>Partículas chatas y alargadas</b>	10% Máx.
<b>Caras fracturadas</b>	80% Mín.
<b>Sales solubles</b>	1% Máx.
<b>% de roca</b>	45% Máx.
<b>Abrasión</b>	50% Máx.

**Fuente.** Especificaciones generales para la construcción de carreteras EG – 2013. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

**Figura 8.** Ejemplo de una capa de base en una vía urbana en Piura.

### 1.1.3. Sub base

La sub base es la capa que se coloca encima de la subrasante. Está compuesta de material especificado con un espesor de diseño, y además soporta a la base y a la carpeta. Sus principales funciones son: servir de capa de drenaje al pavimento, controlar o evitar en lo posible cambios de volumen, elasticidad y plasticidad que pudiera tener el material de la subrasante y que sería perjudicial, controlar la ascensión capilar contra los hinchamientos que se producen en épocas de heladas. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse.

El material de la sub base debe ser seleccionado y tener mayor capacidad que el terreno de fundación. Esta capa puede ser de material granular con un CBR mayor o igual a 40% o tratada con asfalto, cal o cemento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013). En el Perú, se suele esperar que cumpla con los requisitos especificados en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Requisitos de material pétreo para sub base del pavimento.

CAPA	Sub base
<b>Granulometría</b>	Dentro de los husos granulométricos (A, B, C, D) establecidos por la Norma ASTM D 1241
<b>Índice de Plasticidad IP</b>	6% Máx.
<b>CBR</b>	40% Mín.
<b>Equivalente de arena</b>	25% Mín.
<b>Partículas chatas y alargadas</b>	10% Máx.
<b>Caras fracturadas</b>	80% Mín.
<b>Sales solubles</b>	1% Máx.
<b>% de roca</b>	35% Máx.
<b>Abrasión</b>	50% Máx.

**Fuente.** Especificaciones generales para la construcción de carreteras EG – 2013. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

**Figura 9.** Ejemplo de una capa de Sub base en una vía urbana en Piura.

#### 1.1.4. Sub rasante

Es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras sobre la cual se coloca la estructura del pavimento. De la calidad de la sub rasante depende, en gran parte, el espesor que debe tener el pavimento, ya sea flexible o rígido.

La calidad de esta capa es una función de las características del pavimento y de la intensidad de tránsito especificada en términos del número de ejes equivalentes acumulados durante la vida útil del pavimento. Algunos manuales sugieren valores de CBR para determinar la calidad del material de subrasante, aunque no es determinante.

La calidad de la sub rasante influye mucho en el proceso constructivo y en la eficiencia de un pavimento, pues ésta es la que le dará soporte a las acciones de la base y/o subbase.

**Tabla 3.** CBR de sub rasantes por categorías.

<b>Categoría de Sub rasante</b>	<b>CBR</b>
Sub rasante inadecuada	CBR < 3%
Sub rasante insuficiente	De CBR $\geq$ 3% a CBR < 6%
Sub rasante regular	De CBR $\geq$ 6% a CBR < 10%
Sub rasante buena	De CBR $\geq$ 10% a CBR < 20%
Sub rasante muy buena	De CBR $\geq$ 20% a CBR < 30%
Sub rasante excelente	CBR $\geq$ 30%

**Fuente.** Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos 2013. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

**Figura 10.** Ejemplo de una capa de sub rasante en una vía urbana en Piura.

## 1.2. Fundamentos de la estabilización de suelos

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 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

Un suelo estable es aquel que presenta la resistencia suficiente para no sufrir deformaciones ni desgastes por la acción del uso o de los agentes atmosféricos y climatológicos. Cuando el suelo natural presenta estas características, se considera utilizable para la pavimentación de un camino, pero en algunas ocasiones del proceso constructivo, el suelo natural no cumple con las características requeridas para que sea apto, características de estabilidad volumétrica, resistencia, permeabilidad, compresibilidad y durabilidad. En estos casos el ingeniero responsable se ve en la necesidad de decidir entre: aceptar el suelo tal y como está, tomando en cuenta su calidad; eliminar el suelo no apto y reemplazarlo por otro que cumpla las especificaciones; o modificar las propiedades del suelo no apto y hacerlo capaz de cumplir los requerimientos, usando para ello el método de estabilización.

La estabilización de los suelos en pavimentación tiene un doble fin: construir pavimentos a un costo reducido y que sea perfectamente aceptable para ciertos límites de tráfico, y cimientos capaces de soportar las cargas que se transmiten desde la capa de rodadura. Es por

eso que se debe hacer una buena evaluación de los criterios para estabilizar un suelo (Tabla 4) para luego establecer el tipo de estabilización que más convenga.

Los objetivos de la estabilización de suelos con fines de pavimentación son:

- Aumentar la resistencia del suelo, sus propiedades geotécnicas y la capacidad de soporte.
- Reducir la adherencia de suelos altamente adhesivos.
- Aumentar la adherencia en suelos con baja adherencia (como las arenas).
- Reducir el índice de plasticidad del suelo.

**Tabla 4.** Criterios para estabilizar un suelo con fines de pavimentación.

<b>Criterios para estabilizar un suelo</b>
Suelos con CBR < 6% que va a ser usado para capas de la sub rasante.
Sub rasantes arcillosas o limosas, que al contacto con el agua contaminen el pavimento
Sub rasantes debe queden por debajo del nivel de napa freática.
En zonas que se encuentren sobre los 4000 msnm, donde el congelamiento influye según la profundidad de la napa freática y la susceptibilidad del suelo al congelamiento
Determinar el tipo de suelo existente: limos, arcillas, arenas limosas o arcillosas.

**Fuente.** Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos 2013. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

### 1.2.1. Tipos de estabilización

La estabilización de un suelo se puede realizar de manera física, química o mecánica. Para decidir qué tipo de estabilización es la conveniente, primero es necesario determinar el tipo de suelo existente, siendo los más comúnmente estabilizados los suelos limosos, arcillosos, las arenas arcillosas y las arenas limosas; y además hay que tomar en cuenta el uso que se le va a dar al suelo que se quiere estabilizar.

#### 1.2.1.1. Estabilización física

Este tipo de estabilización se utiliza para mejorar las características de un suelo produciendo cambios físicos en el mismo. Algunos de los tipos de estabilización física son mezclas de suelos, vibroflotación, geotextiles y consolidación previa. Se habla de una estabilización físico-mecánica cuando se hace un mejoramiento de un suelo mediante la adición de otro suelo proveniente de un sitio seleccionado

#### 1.2.1.2. Estabilización mecánica

##### **Estabilización por compactación**

La estabilización mecánica por compactación tiene la finalidad de mejorar el suelo sobre el que se va a construir, sin cambiar su estructura ni su composición inicial. Para esto se utiliza el método de la compactación, técnica con la cual se reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo logrando así una mayor densidad y una mejor distribución de las

fuerzas que actúan sobre el suelo para así tener mayor estabilidad, evitando posibles asentamientos.

Este tipo de estabilización es el más usado, ya que se realiza siempre in situ, empleando maquinaria y equipos que transmiten al suelo esfuerzos a través de amasado, presión, impacto o vibraciones.



**Figura 11.** Estabilización por compactación usando un rodillo “pata de cabra”.

### **Estabilización por cambio de granulometría**

La estabilización mecánica por cambio de granulometría consiste en mejorar el suelo sobre el que se va a construir mezclándolo con uno o más materiales que contengan propiedades complementarias a éste, con la finalidad de obtener un material de mejor calidad en cuanto a plasticidad y a granulometría, y que cumpla con las exigencias requeridas.

Las propiedades que se pretenden mejorar con este tipo de estabilización son la plasticidad y la granulometría, pues la primera afecta a la susceptibilidad del material al agua y su capacidad drenante; y la segunda afecta su resistencia, trabajabilidad y compacidad.

Una de las ventajas de la estabilización mecánica es que puede llevarse a cabo in situ, o en una central de tratamiento de suelos; y su procedimiento es el siguiente:

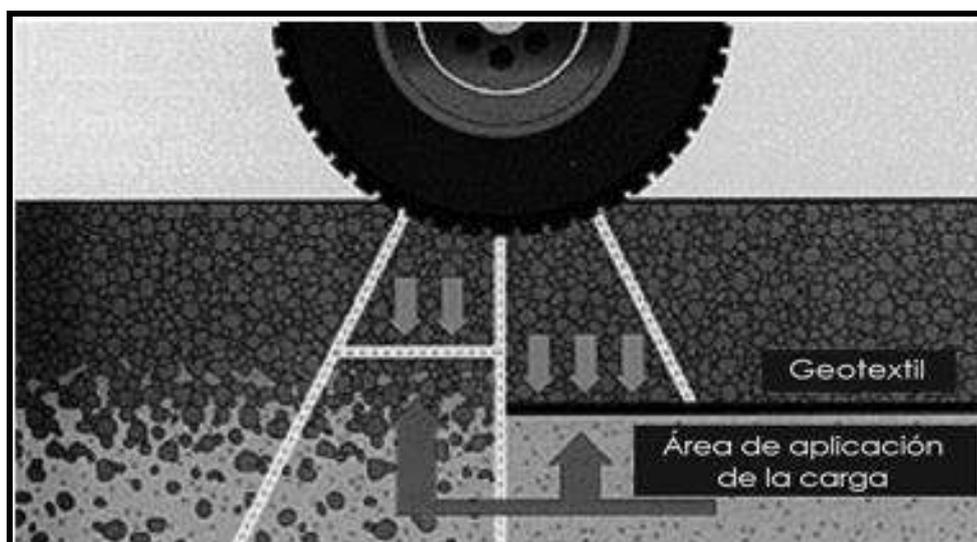
- Escarificación y pulverización del suelo, si el procedimiento se realiza in situ, o pulverización únicamente si se realiza en una central de tratamiento de suelos.
- Mezcla homogénea de los materiales. Se emplea una grada de discos si se realiza en obra, y se emplean tolvas dosificadoras si se realiza en una central de tratamiento de suelos.
- Extensión y nivelación de la mezcla.
- Humectación y compactación de la misma hasta alcanzar la densidad mínima prescrita en la obra, la cual generalmente es el 95 o 100% del Proctor modificado.

## Estabilización con geosintéticos

Estabilizar un suelo con un geosintético de refuerzo permite incrementar la capacidad portante del material que conforma la estructura de un pavimento, es decir habrá un mejoramiento de las propiedades mecánicas de dichos materiales y que generan un aumento de la vida útil del pavimento. De igual manera, al mejorar las condiciones mecánicas de la estructura del pavimento se puede obtener un aumento del tránsito de diseño, el cual se evalúa con la cantidad de ejes equivalentes que van a pasar durante el período de operación de la vía.

Beneficios del uso de un geosintético:

- Incremento de la capacidad portante.
- Mejoramiento de las propiedades mecánicas de los materiales que conforman la estructura del pavimento.
- Incremento de la vida útil de la vía.
- Aumento de los ejes equivalentes del diseño de la vía.



**Figura 12.** Diagrama de separación de capas granulares y subrasante con geotextil.

**Fuente.** Manual de diseño con geosintéticos, Geosoft Pavco, Novena Edición.

### 1.2.1.3. Estabilización química

#### Estabilización con cemento

La finalidad de estabilizar un suelo con cemento y agua, es el de convertir el suelo suelto inicial en otro más endurecido que sea mucho más resistente. Para esto se requiere una buena compactación y un adecuado curado. El contenido óptimo de agua se determina con el ensayo proctor como en la compactación de suelos.

Los suelos más adecuados para estabilizar con cemento son los suelos granulares tipos A-1, A-2 y A-3 del sistema de clasificación AASHTO.



**Figura 13.** Estabilización con cemento.

### **Estabilización con cal**

Este tipo de estabilización se realiza mezclando el suelo con cal anhidra o cal viva, logrando efectos muy importantes como el de cambiar la plasticidad del suelo, por ejemplo para suelos de  $IP < 15$  aumenta tanto el LL como el LP y ligeramente su IP, y para suelos con  $IP > 15$  disminuye su IP. Otro efecto es el de aumentar la humedad óptima de compactación del suelo, lo que permite la densificación de suelos de elevada humedad natural.

Los suelos más apropiados para estabilizar con cal son los de granulometría fina, dado que se vuelven más desmenuzables y granulares, y al aumentar su límite plástico y humedad óptima de compactación permite que su puesta en obra se realice con mayor facilidad.



**Figura 14.** Estabilización de suelo con cal.

### **Estabilización con asfalto**

Se puede estabilizar un suelo empleando productos asfálticos con la finalidad de aumentar su estabilidad y lograr una impermeabilidad del suelo de tal manera que sea lo menos sensible a los cambios de humedad.

En suelos no plásticos o arenosos se estabiliza con asfalto para ejercer una acción ligante que junto a la fricción del suelo evite deformaciones de la capa mejorada bajo la acción del tránsito. En suelos cohesivos, se busca que el estabilizante impermeabilice al suelo y lo proteja contra la acción del agua.

Normalmente todos los suelos tienen una buena respuesta a la estabilización con asfalto pero son las arenas y las gravas arenosas los que mejores resultados obtienen.



**Figura 15.** Estabilización con asfalto.

### **1.3. Estabilización de suelos con materiales no convencionales**

Los materiales, de los que hasta la fecha se han realizado estudios para comprobar el efecto de su uso como agregados no convencionales, son productos agrícolas, marinos e industriales, entre los cuales tenemos:

- Productos agrícolas: cáscaras de coco (Anshy, 2014), semillas de dátil (Adefemi, 2013), mazorcas de maíz (Muthusami, 2013), cáscaras de palma aceitera (Adeyeri, 2008).
- Productos marinos: concha de abanico (Farfán, 2014), concha de ostra (Otoko, 2014), concha de mejillón (Lopez, 2009).
- Productos industriales: desechos de cenizas volantes (Rodriguez, 1996), escoria granulada de alto horno de tierra y cama de ceniza (Gutierrez, 2015).

### **1.3.1. Estabilización de suelos con productos marinos**

La literatura revisada ofrece diversas investigaciones desarrolladas con el objetivo de proponer nuevas ideas para mejorar un suelo de subrasante usando algunos productos marinos como los moluscos, específicamente las valvas.

Dado que estos residuos están compuestos fundamentalmente por carbonato de calcio, algunas investigaciones evalúan su calcinación para activar su capacidad aglomerante. Tal es el caso de los trabajos de Otoko (2014) y Carnero (2009), donde evalúan valvas de ostras y mejillón, respectivamente, después de someterlas a calcinación. Al adicionar estas cenizas a zahorras naturales observaron un aumento de la capacidad de soporte CBR y una reducción de la susceptibilidad al agua y la compresibilidad. Al parecer, este residuo calcinado actúa en el suelo del mismo modo que una estabilización con cal.

Por otro lado, Farfán (2014) usó residuos de conchas de abanico trituradas sin calcinación, en rangos de tamaño entre 9.53 mm y 0.85 mm, para estabilizar suelos arenosos. Encontró que una mezcla de un 45% de concha de abanico triturada y 55% de arena limosa aumentaba drásticamente el valor de CBR, mejorando así una sub rasante arenosa con CBR de 51% a valores que superaron el 100%. La efectividad del residuo usado radicaba en la dureza de la valva y en el espesor, que al ser relativamente mayor a otros moluscos, podía ser triturado en tamaños relativamente grandes e incorporado como grava para estabilizar el suelo.

Estos residuos obtenidos de los botaderos, por estar bastantes años expuestos al ambiente, no tienen ya materia orgánica pero mantienen el contenido de sales y otros materiales finos o deletéreos procedentes de su formación y extracción. Farfán (2014) aplica un proceso de limpieza del residuo, mientras que en la estabilización de suelos puede que no sea necesario, tomando en cuenta la aplicación específica en subrasantes que suelen tener un alto contenido de sales.

El mismo comportamiento de un agregado de este residuo puede extenderse a otros tipos de suelos, donde el efecto podría ser similar, aunque con un efecto limitado a las características del suelo a estabilizar. Yamada (2009) confirma que la estabilización de suelos plásticos con este residuo es eficaz, aunque usa otra especie (conocida como “choro” en la realidad local) cuya valva es más delgada y menos dura que la concha de abanico. Por otro lado, la especie de concha de abanico usada por Farfán (2014) tiene unas características físicas y mecánicas que pueden diferir de otras especies también locales. Estas diferencias en las propiedades de las valvas podrían tener efecto diferente en la estabilización aún para un mismo suelo.

Se verifica entonces que los residuos de conchas trituradas sin calcinar pueden actuar como agregados gruesos para estabilizar suelos, generando una modificación de su granulometría y una disminución de la plasticidad, incrementando a su vez la capacidad de soporte del suelo en proporción a la cantidad de concha triturada de la mezcla.

### **1.3.2. Estabilización de suelos con concha concha pico de pato y concha de abanico.**

Las conchas pico de pato o navajuelas y las conchas de abanico son productos que se extraen en gran cantidad en la costa peruana, sobre todo en la parte norte. En nuestra

región, en la provincia de Sechura se extraen a diario estos moluscos, para ser procesados y comercializados.

Estas dos especies son moluscos filtradores de dos valvas, cuya composición es básicamente carbonato de calcio. Se puede observar en la Figura 16 que las valvas tienen formas totalmente distintas, tanto en tamaño, como en la forma de su caparazón, textura, espesor y dureza. Estas características podrían producir granulometrías diferentes aun usando el mismo método de trituración.



**Figura 16.** Ejemplo de las valvas de molusco seleccionadas para la presente investigación: Concha de abanico (arriba) y concha pico de pato (abajo).

Si bien la concha de abanico ya fue probada en suelos arenosos, se quiere evaluar la posibilidad de estabilización en suelos arcillosos altamente plásticos. A diferencia de la propuesta de Farfán (2014), se trabajará con una granulometría más fina, obtenida de la trituración de las valvas usando un molino industrial. Esto reduce las diferencias por efecto del tamaño y forma de las partículas y le da predominio a las propiedades de plasticidad y absorción de las conchas. Dado que es un suelo plástico, como efecto de la estabilización se verificará además de la capacidad de soporte del suelo, la capacidad de absorción del suelo por capilaridad, como medida indirecta de la susceptibilidad al agua del suelo estabilizado.



## **Capítulo 2**

### **Caracterización del suelo**

#### **2.1. Lugar de extracción del suelo**

Uno de los objetivos de la presente investigación es el de mejorar un suelo cuyas características sean inadecuadas para ser usado como sub rasante. Por eso se propuso centrar el estudio en suelos de baja estabilidad como las arcillas.

El lugar donde se extrajo la muestra de suelo, se encuentra en las coordenadas Latitud: 5°10'33.93"S, Longitud: 80°37'17.00"O, provincia de Piura, departamento de Piura, en la ribera izquierda del río Piura, área ocupada por el campus universitario de la Universidad Nacional de Piura, tal como se muestra en la Figura 17. El suelo existente está conformado por depósitos aluviales, originados por las crecidas del río Piura.

Se realizaron 4 prospecciones a cielo abierto o calicatas, a una profundidad de 1.50m, encontrándose en el terreno inicialmente un pequeño estrato de 0.1m de material vegetal con presencia de raíces, y seguido de un estrato de 1.40m de suelo de grano muy fino, probablemente una arcilla, de color marrón amarillento, con una consistencia dura, de condición seca y una estructura homogénea.



**Figura 17.** Ubicación del lugar de extracción de la muestra de suelo.

**Fuente.** Google Earth.

En la Figura 18 se muestra una de las calicatas realizadas, en la Figura 19 el perfil estratigráfico del suelo, y en la Figura 20 se observa las muestras de suelo natural extraído.



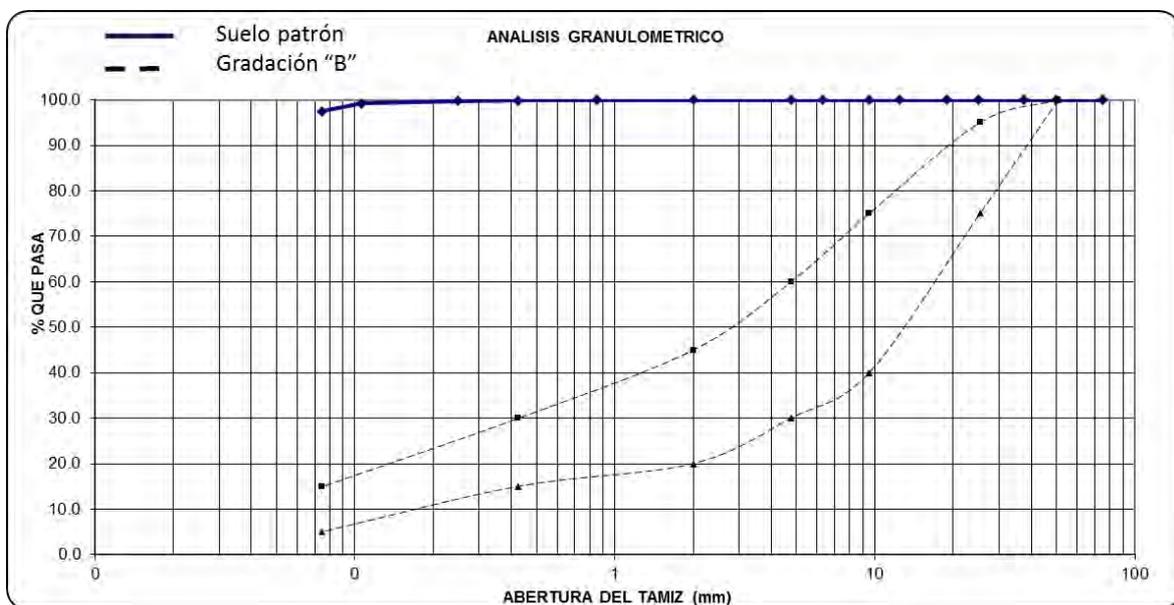
**Figura 18.** Técnicos realizando la excavación de la calicata C1.





**Figura 21.** a) Muestras de suelo natural. b) Trituración del suelo. c) Lavado de muestra.

En la Figura 22 se observa la curva granulométrica obtenida del suelo natural, la cual se encuentra muy alejada del huso granulométrico de gradación B, establecida por American Society for Testing and Materials para material de sub bases en zonas menores a 3000 m de altitud. Este dato indica que este material tiene una alta composición de finos en su estructura, y es inadecuado como material para sub rasante.



**Figura 22.** Curva Granulometría de la muestra de suelo.

Los ensayos para hallar los límites de Atterberg se realizaron según la NTP 339.129., obteniendo los resultados mostrados en la tabla 5.

Como se puede observar, el Índice de Plasticidad del suelo,  $IP = 14$ , se encuentra en el rango de un suelo de plasticidad media, entre 7 y 20 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

Este suelo se considera como una arcilla magra.

**Tabla 5.** Resultados límites de Atterberg para el suelo a estabilizar.

Límites de Atterberg		
Límite Líquido	L.L	37
Límite Plástico	L.P	23
Índice Plástico	I.P	14

**Figura 23.** Equipo usado para el ensayo de límite plástico.**Figura 24.** Ejecución del ensayo de límite líquido en el laboratorio.

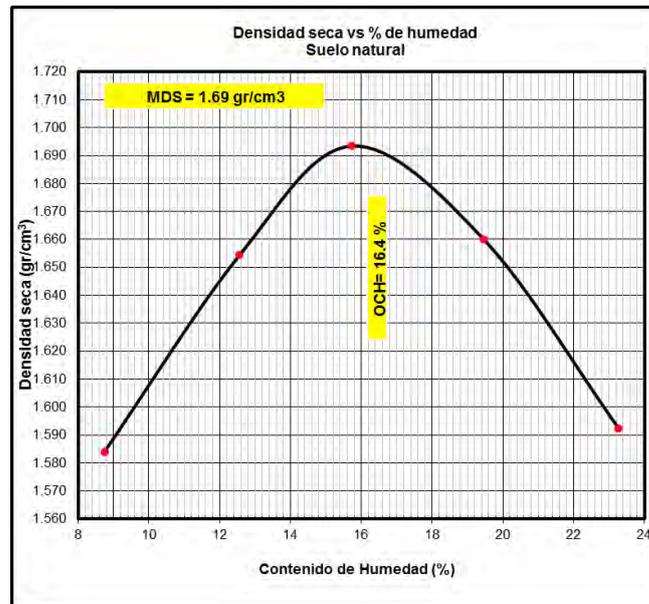
Luego de realizados los ensayos de granulometría y límites de Atterberg, se obtuvo que el suelo presentaba un 98% de finos arcillosos de baja plasticidad, con un 2% de arena fina. El suelo natural se clasificó en el sistema SUCS como una arcilla de baja plasticidad (CL), y en el sistema AASHTO como un material limo-arcilloso (A-6 (16)).

### 2.3. Densidad máxima y humedad óptima

La densidad del suelo natural se obtuvo mediante el ensayo Proctor Modificado, realizado según la NTP 339.141. Este ensayo tiene por finalidad determinar la relación densidad –

humedad de un suelo compactado en un molde normalizado mediante un pistón de masa normalizada, en caída libre y con una energía específica de compactación.

Se realizó el ensayo usando el procedimiento tipo A dado que todas las partículas del suelo natural pasan el tamiz #4, obteniéndose los resultados mostrados en la Figura 25. La máxima densidad seca para este esfuerzo de compactación alcanza 1.69 gr/cm<sup>3</sup> con una humedad óptima de 16%.



**Figura 25.** Densidad seca vs contenido de humedad del suelo a estabilizar, con el ensayo Próctor Modificado.

#### 2.4. Capacidad de soporte

La capacidad de soporte es la propiedad más importante del suelo. Se obtuvo mediante el método de prueba estándar para razón soporte de California de suelos compactados en el laboratorio, más conocido como ensayo de CBR, el cual tiene como referencia la NTP 339.145.

Luego de realizados los ensayos de CBR, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 6, estableciéndose como valor característico de este suelo un CBR de 1%

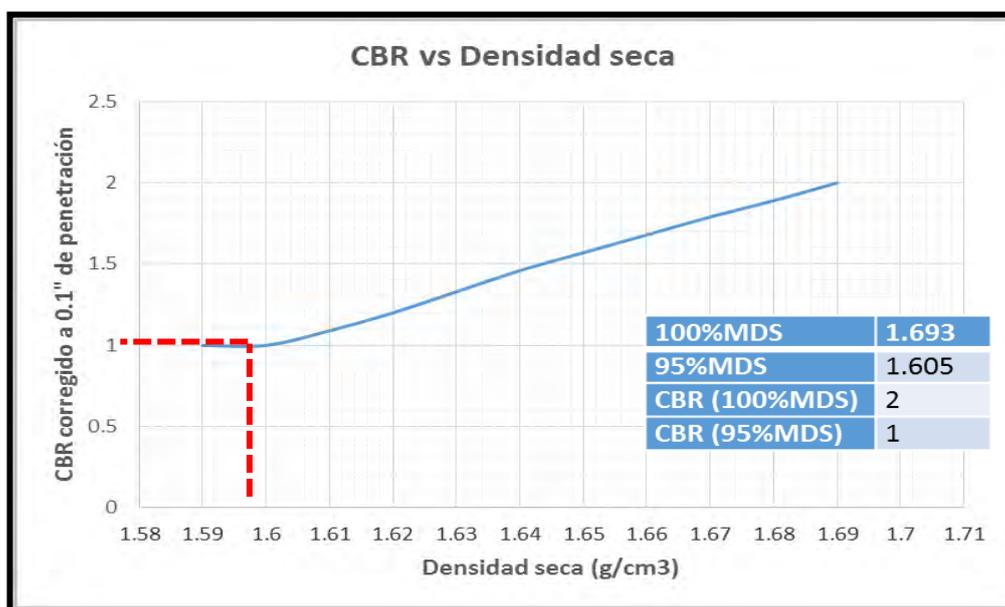
**Tabla 6.** Resultados del ensayo CBR en el suelo a estabilizar.

Espécimen	#1	#2	#3
Golpes por capa	10	25	56
% de expansión con respecto a su altura inicial	3.90	4.66	5.76
C.B.R corregido a 0.1" de penetración	1	1	2
C.B.R corregido a 0.2" de penetración	1	2	3

Los resultados indican que la capacidad de soporte del suelo natural es muy baja, y no puede ser utilizado como material para subrasante ya que presenta un CBR menor a 3%.

Considerando el suelo como sub rasante, el CBR correspondiente al 95% de la Máxima densidad seca es 1 (Figura 26), lo que significa que si se emplea este suelo para subrasante no ofrecería una adecuada resistencia al corte. El valor del CBR correspondiente al 100% de la máxima densidad seca es 2, el cual sigue siendo un valor que no ofrece una adecuada resistencia al corte.

Se observa también que el porcentaje de expansión del suelo es alto, debido a que se trata de una arcilla. Esto generará serios problemas constructivos debido a que tiene la capacidad de absorber una gran cantidad de agua y retenerla, lo que produce un incremento en el volumen del material y también una drástica reducción del volumen cuando el agua que retenía se seca. El problema está en que los incrementos de volumen que se producen no se presentan de una manera uniforme, sino en distintas zonas y al momento de contraerse generan asentamientos, que pueden dañar severamente la estructura del pavimento.



**Figura 26.** Diagrama de CBR vs densidad seca del suelo natural.

Los certificados de los ensayos emitidos por el Laboratorio de la UDEP se encuentran en el Anexo B y los resultados de los ensayos realizados al suelo natural se observan en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Resultados de los ensayos para el suelo natural.

Clasificación	SUCS	CL
	AASHTO	A-6(16)
Límites de Atterberg	L.L	37
	L.P	23
	I.P	14
Proctor Modificado	Humedad óptima (%)	16
	Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.69
CBR	100% MDS	2
	95% MDS	1
	Hinchamiento	5.76

**Fuente.** Ensayos LEMC UDEP 2016



## **Capítulo 3**

### **Caracterización de las valvas**

#### **3.1. Lugar de extracción de las valvas de molusco.**

Para la selección de los residuos de conchas pico de pato y conchas de abanico, se ha decidido recogerlas de uno de los dos botaderos municipales que hay en la provincia de Sechura. En la Figura 27 se observa la ubicación de los botaderos de conchas de moluscos de la provincia de Sechura.

Para elegir en cuál de los dos botaderos se van a recolectar las conchas, se analizó el estado de los residuos marinos encontrados en cada botadero: El primer botadero municipal de conchas se encuentra más próximo a la ciudad y fue el primero en crearse. Este botadero tiene un área de aproximadamente 36500m<sup>2</sup>. Los residuos marinos que se encuentran aquí son de diversas especies como conchas de abanico, navaja, pico de pato, conchas blancas, piojosas, y caracoles de dos puntas, enterrados bajo una fina capa de arena y se puede suponer que llevan ya muchos años expuestos al sol y a la intemperie. Se observó que las conchas de este botadero no presentaban residuos orgánicos en su composición, puesto que se intuye que las condiciones climáticas y meteorológicas como las lluvias, el intenso sol y el viento han hecho que la materia orgánica desaparezca.



**Figura 27.** Ubicación de los dos botaderos municipales N° 1 y N° 2 para productos hidrobiológicos (Google Earth).

El segundo botadero municipal se encuentra a unos 500 metros del primero y tiene un área de aproximadamente 93000 m<sup>2</sup>. Aquí se pudo observar que los residuos de conchas de abanico, navajuelas, conchas blancas, almejas, pico de pato, caracoles de dos puntas, caracol babosa, caracol tornillo y otros productos marinos encontrados aún presentaban restos de materia orgánica en descomposición, los cuales emanaban un fétido y desagradable olor. Al parecer, este botadero es el que se encuentra activo en la actualidad.

Se decidió recolectar las muestras de conchas en el botadero 2, debido a que estas llevan menor tiempo de haber sido desechadas y se encuentran en mejor estado, en cambio las conchas del botadero 1 presentan un mayor desgaste en la estructura de las valvas, pues se encontraron valvas quebradas y con orificios debido a las condiciones climáticas mencionadas anteriormente.

Ya en el botadero 2, se encontró presencia de animales como aves carroñeras, moscas, hormigas, e insectos que eran atraídos por los residuos frescos de las conchas. Debido a esto y al olor putrefacto del lugar, se tomaron precauciones antes de iniciar la recolección de las conchas usando mascarillas, guantes y cascos (Figura 28).

Las especies predominantes en ambos botaderos son la concha de abanico y la concha pico de pato, razón por la cual se decidió realizar el estudio a estas dos especies.

Se recolectó un aproximado de 20 sacos de concha pico de pato y otros 20 de conchas de abanico (Figura 29).

Una vez extraídas las muestras, fueron almacenadas en el laboratorio para su posterior preparación y análisis.



**Figura 28.** Botadero Municipal N° 2, de conchas de abanico



**Figura 29.** Recolección de conchas de abanico y pico de pato en el botadero N° 2.

### **3.2. Descripción de las especies**

Ya recolectadas las muestras necesarias de concha pico de pato y concha de abanico, se seleccionaron dos pequeñas sub muestras para hacer su descripción y dimensionamiento.

El resto de muestra fue almacenada para su posterior trituración.

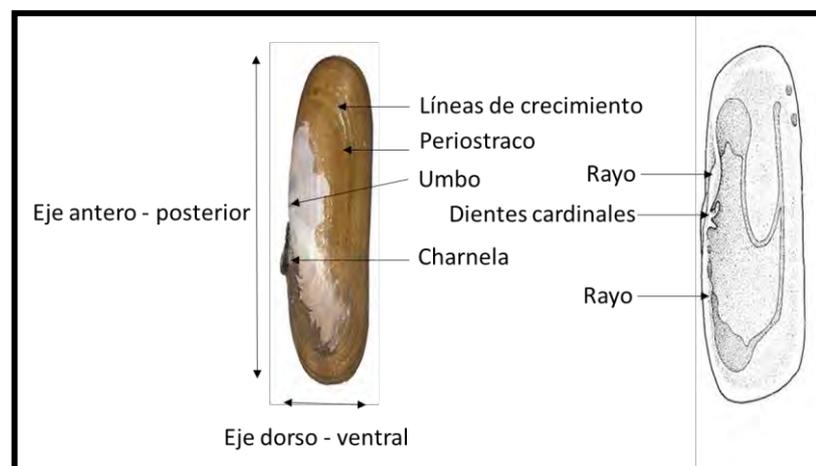
#### **3.2.1. Concha pico de pato**

La concha pico de pato corresponde a la especie *Tagelus dombeii* que es un molusco bivalvo marino cuya principal característica es su forma alargada (Figura 30), pudiendo

llegar hasta los 10 cm de largo considerando el eje antero-posterior, existiendo una relación con el eje dorso-ventral de 4:1. Los bordes de la concha se disponen casi paralelos entre sí y poseen los extremos redondeados.

Las valvas poseen una coloración blanca, con dos rayos que parten desde el umbo hasta la zona ventral posterior. El umbo (zona donde se unen las valvas) es central al eje antero-posterior, presenta líneas de crecimiento concéntricas. El delgado periostraco (parte más externa de la concha) es de color café amarillento a oscuro y su charnela se caracteriza por estar compuesta de dos dientes cardinales (Mendiz, 2010). La valva de la concha pico de pato posee una superficie exterior lisa y frágil, por lo que la mayoría se encontró quebradas.

- Eje antero – posterior : eje que va de adelante hacia atrás, referido al largo de la concha.
- Eje dorso – ventral : eje que va de adelante hacia atrás, referido al ancho de la concha.
- Rayos : parte delgada y larga que cubre la porción del margen dorsal de las valvas.
- Umbo : zona donde se unen las valvas de la concha, es una curvatura prominente y elevada de la valva, opuesta a la charnela.
- Líneas de crecimiento: anillos concéntricos con los que se forma un bivalvo, que crecen paralelas a los márgenes.
- Periostraco : capa no calcárea más externa de la concha.
- Charnela : zona de articulación de la concha.
- Dientes cardinales : dientes ubicados en el centro de la charnela, que se insertan en la cavidad de la valva opuesta (Universidad de Oriente, 2015).



**Figura 30.** Valva de la concha pico de pato.

Esta especie se distribuye desde Tumbes al norte del Perú, hasta el Estero Elefante en Chile. También se presencia en las costas de Colombia y Panamá (Villarroel y Estuardo, 1997).

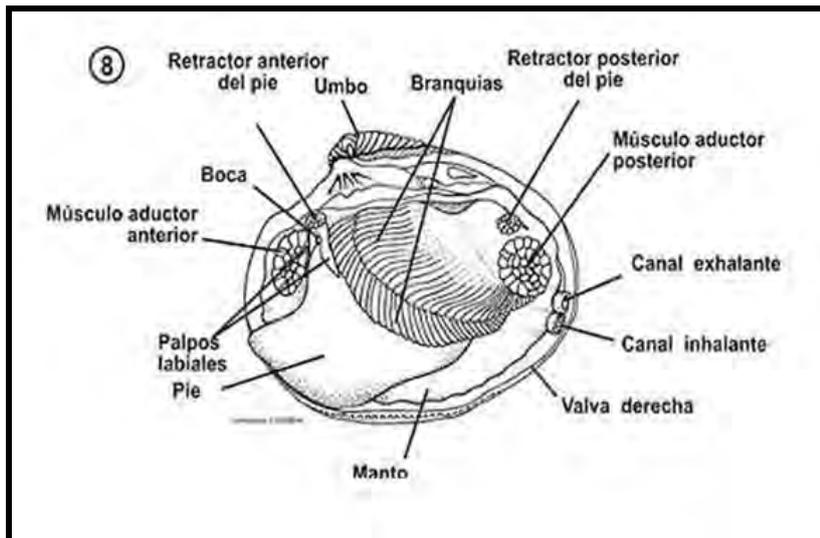
**Tabla 8.** Clasificación concha pico de pato

<b>Nombre común</b>	Pico de pato
<b>Clase</b>	Bivalvia
<b>Sub clase</b>	Heterodonta
<b>Orden</b>	Veneroida
<b>Súper familia</b>	Tellinacea
<b>Familia</b>	Solecurtidae
<b>Género</b>	Tagelus
<b>Especie</b>	<i>Tagelus dombeii</i>

### 3.2.2. Concha de abanico

La concha de abanico es un molusco filtrador de 2 valvas que habita en zonas costeras, entre profundidades que van entre los 2 metros hasta los 20 metros en fondos de arena fina, arena gruesa y conchuela, en aguas bien oxigenadas y bajo temperaturas que varían entre los 13° y 28°C.

La parte blanda de la concha de abanico está constituida por el músculo aductor (tallo de color blanco), las gónadas (color rojo), el manto, las branquias y otros órganos (Figura 31); su concha es bivalva, tiene forma de abanico y protege a la parte blanda (Figura 32). Como se observa, la valva de la concha de abanico se caracteriza por su color rosado con pigmentaciones moradas y su borde en forma de abanico.



**Figura 31.** Parte blanda de la concha de abanico.



**Figura 32.** Valva de la concha de abanico.

La concha de abanico presenta una textura estriada con pequeñas láminas en sus estrías, lo que le hace áspera en sus caras exteriores. Además la valva de la concha de abanico presenta una dureza tal, que no son tan fáciles de romper con simple manipulación.

Comparando los dos tipos de valvas que se van a usar, en cuanto a dureza y textura, se observa que es la concha de abanico la que posee una mayor dureza y resistencia al rompimiento, con una textura más áspera y consistente. En cambio, la concha pico de pato posee una valva más frágil que la concha de abanico, y una textura más lisa.

**Tabla 9.** Clasificación concha de abanico

Nombre común	Abanico
Clase	Bivalvia
Sub clase	Pteriomorpha
Orden	Ostreoida
Súper familia	Pectinacea
Familia	Pectinidae
Género	Argopecten
Especie	<i>Argopecten purpuratus</i>

**Fuente.** Elaboración propia

### 3.2.3. Dimensionamiento

Para medir las dimensiones de los dos tipos de valva de molusco estudiados, se utilizó el calibrador Vernier pie de rey, como se observa en la Figura 33.



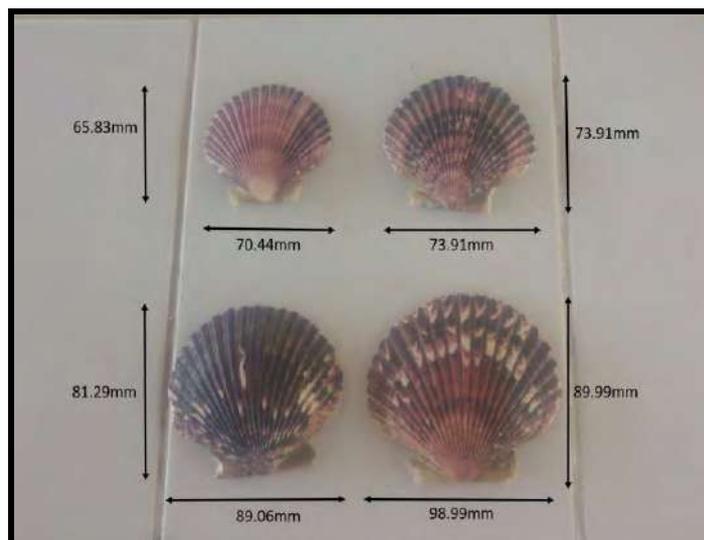
**Figura 33.** Uso del calibrador Vernier pie de rey.

La finalidad de realizar el dimensionamiento, es comparar las características físicas de los dos tipos de valvas de molusco, para estudiar si las dimensiones y el tipo de valva tiene influencia en la resistencia que aportará cada uno de estas cuando sean utilizados como agregado para estabilizar un tipo de suelo arcilloso.

El dimensionamiento se realizó en las valvas en su estado natural, antes de ser trituradas; y consistió en tomar las medidas de largo, ancho y espesor de un lote de 100 conchas de cada especie, como se muestra en las Figuras 34 y 35, para luego hallar un promedio estándar de cada dimensión, y los rangos de variación de las medidas tomadas para cada dimensión. Los resultados del ensayo se presentan en el Anexo E.



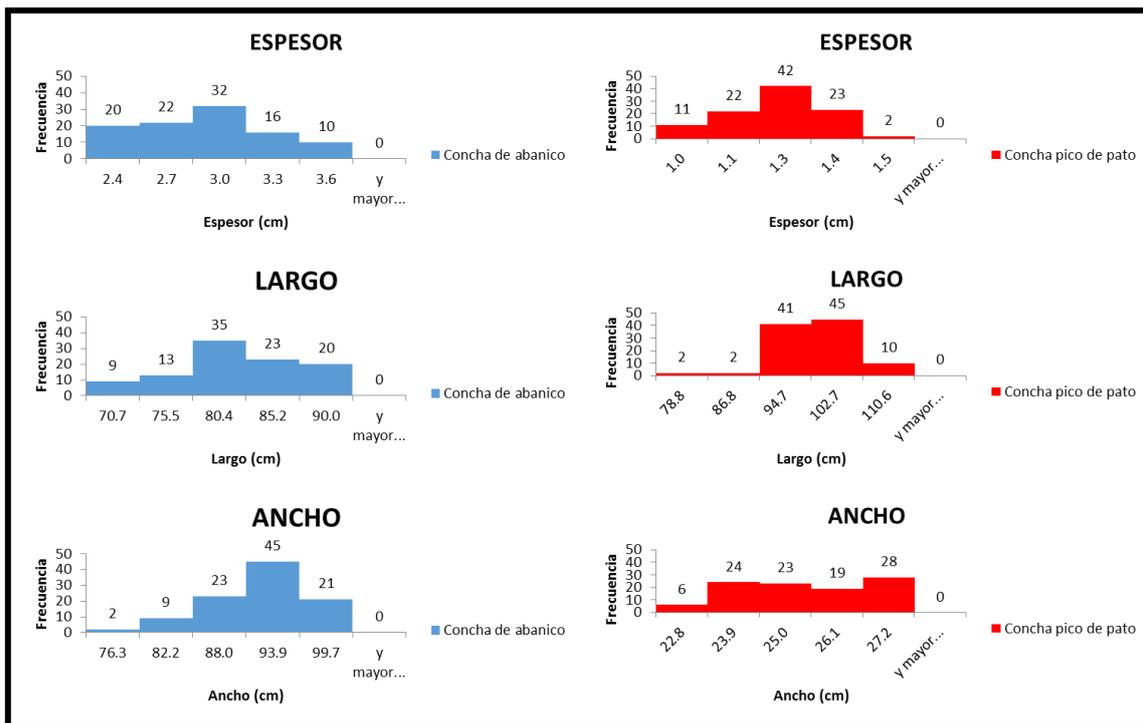
**Figura 34.** Valva de la concha pico de pato.



**Figura 35.** Valva de la concha de abanico.

De los resultados se hizo el histograma y polígono de frecuencias de las medidas largo, ancho y espesor, tanto para concha de pico de pato como concha de abanico. Como se observa en la Figura 36, la concha pico de pato, debido a su forma alargada obtuvo un promedio mayor en cuanto a largo, mientras que la concha de abanico es mucho más ancha y con mayor espesor, debido a su textura estriada.

Se observa también que existe una dispersión de tamaños en los dos tipos de concha. Esto se debe a que muchos de los recolectores artesanales de conchas de abanico y conchas pico de pato, las extraen antes de su etapa de madurez, por lo que hay muestras de conchas relativamente pequeñas a su dimensión normal.



**Figura 36.** Histogramas de variación de las dimensiones de las valvas evaluadas en la presente investigación.

**Fuente.** Elaboración propia

Se observa en la Tabla 10 que la concha de abanico presenta mayor espesor que la concha pico de pato. Se interpreta entonces que, la concha de abanico al ser más gruesa, se espera que presente una mayor resistencia a la deformación al aplicarle una fuerza, lo cual sería un indicio de que, al combinarla con suelo arcilloso, también tenga mayor capacidad de soporte que la concha pico de pato. El espesor de los dos tipos de concha es un parámetro muy importante en la presente investigación, pues va a definir el grado de trituración de la valva.

**Tabla 10.** Rango de dimensiones (mm) de las valvas.

Valva	Pico de pato		Abanico	
	Promedio	Rango	Promedio	Rango
<b>Largo</b>	96.0	70.9 - 110.6	79.8	65.8 - 90
<b>Ancho</b>	24.9	21.6 - 27.2	89.4	70.4 - 99.7
<b>Espesor</b>	1.2	0.9 - 1.5	2.8	2.1 - 3.6

**Fuente.** Elaboración propia

### 3.3. Preparación de valvas de moluscos para su uso como material estabilizante

Los residuos de conchas de moluscos fueron recolectados de los botaderos, sin ser lavados ni limpiados. Se propone triturar de los dos tipos de conchas en un molino industrial, en cuál se pueden triturar las conchas de manera más rápida, a mayores cantidades, con un mejor rendimiento, controlando los tamaños que se quieren lograr y a un costo bajo, logrando triturar 20 sacos de concha de abanico de 10 kg. y 20 sacos de concha pico de pato de 10 kg. en 1 día (Figura 37).

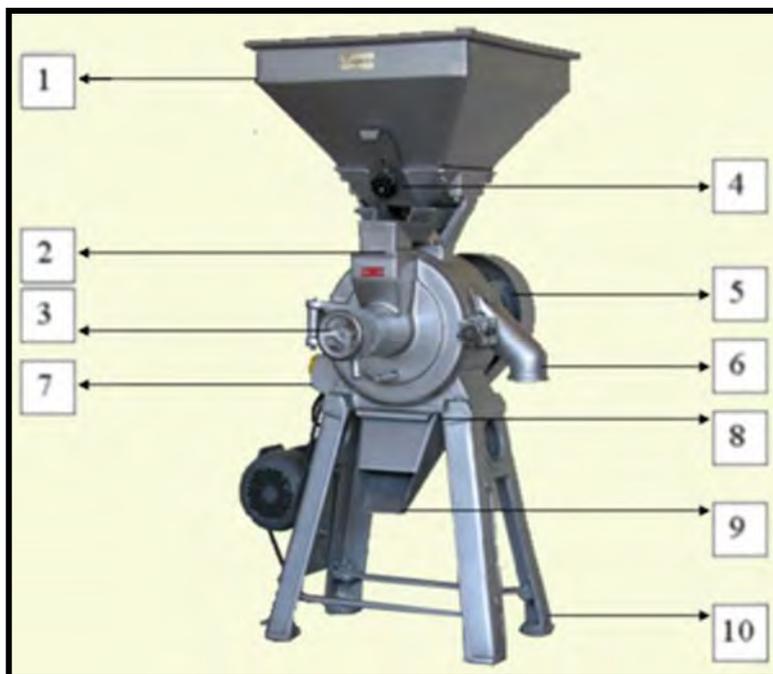


**Figura 37.** Molienda de conchas pico de pato.

Las muestras se trituraron en un molino industrial en el Centro de molienda “Señor Cautivo”, ubicado en el distrito de Catacaos, usado para la molienda de maíz y arroz. El molino industrial es un mecanismo de molienda que, operado por un técnico, ayuda a triturar productos a través de una polea o manivela, la cual transmite una fuerza que va del torque del motor al eje principal, por lo tanto, los rodillos revolucionan el anillo, mientras que las palas elevan los materiales caídos desde la tolva de alimentación al espacio entre

los rodillos y el anillo para hacer la molienda y obtener el producto molido por la válvula de descarga. (Figura 38).

En el caso de las trituradoras de agregados pétreos, aplastan los agregados en un inicio a través de una mandíbula giratoria, a diferencia del molino industrial que lo hace a través de los rodillos. El proceso de trituración, en ambos tipos de molinos, se elige el tamaño de trituración que se va a dar al producto.



**Figura 38.** Molino Industrial. 1) Tolva, 2) Frontal, 3) Manivela de rueda, 4) Válvula de carga, 5) Válvula de salida, 6) Derivación del molino, 7) Interruptor, 8) Válvula de descarga, 9) Boca de descarga, 10) Patas de soporte.

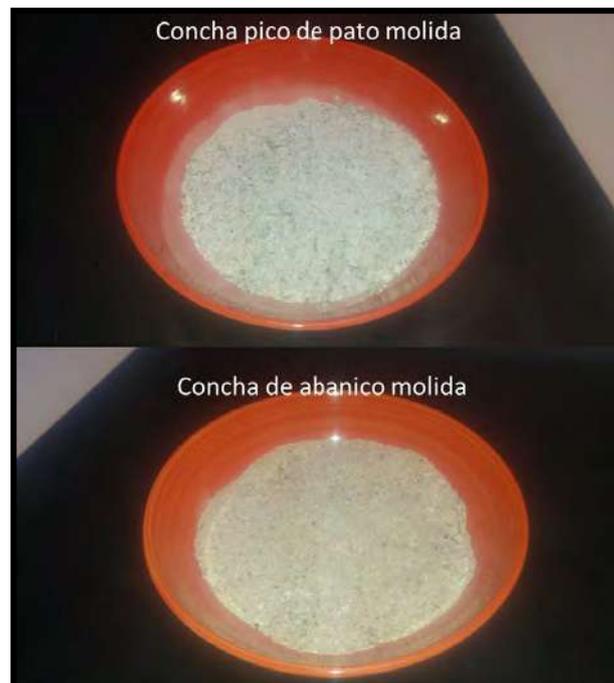
**Fuente.** Catálogo maquinaria de molinería, BuscoCafé.

La zaranda de trituración fue la denominada #4 en el sistema ASTM (4.75 mm de abertura) para obtener un tamaño similar al agregado fino (Figura 39).



**Figura 39.** Zarandas de diferentes tamaños para la trituración de las conchas.

En el proceso de molienda fueron controlados el tiempo y la cantidad de residuos de concha, con el objetivo de determinar cuál de los dos tipos de concha se trituraba más rápido. Se observó que de un lote de igual cantidad de concha de abanico y concha pico de pato, el proceso de trituración de las conchas de abanico duró más que el de las conchas pico de pato. Con este dato se deduce que al demorar más la molienda de concha de abanico, éstas ofrecen más resistencia a ser deformadas por el molino, lo que podría ser un indicio de una mayor dureza en la estructura de las conchas de abanico que en las conchas pico de pato.



**Figura 40.** Concha pico de pato y concha de abanico molidas.

Luego de realizada la molienda se procedió a llevar el material ya preparado hacia el Laboratorio de Ensayo de Materiales de construcción de la Universidad de Piura.

### **3.4. Granulometría de las valvas trituradas**

Una vez trituradas las conchas en el molino, se procedió a realizar el ensayo de granulometría para ambos tipos de conchas, teniendo como referencia la NTP 339.128, para su posterior clasificación y caracterización.

El residuo triturado de las conchas pico de pato se clasifica en el Sistema SUCS como una arena bien graduada con limos (SW-SM) y en el sistema AASHTO como un suelo arenoso con partículas finas bien graduadas A-1-b (0).



**Figura 41.** Partículas de la concha pico de pato molida.

El residuo de las conchas de abanico se clasifica como una arena limosa (SM) en el sistema SUCS y como un suelo arenoso con partículas finas bien graduadas A-1-b (0). En ningún caso los finos tienen plasticidad (NP).



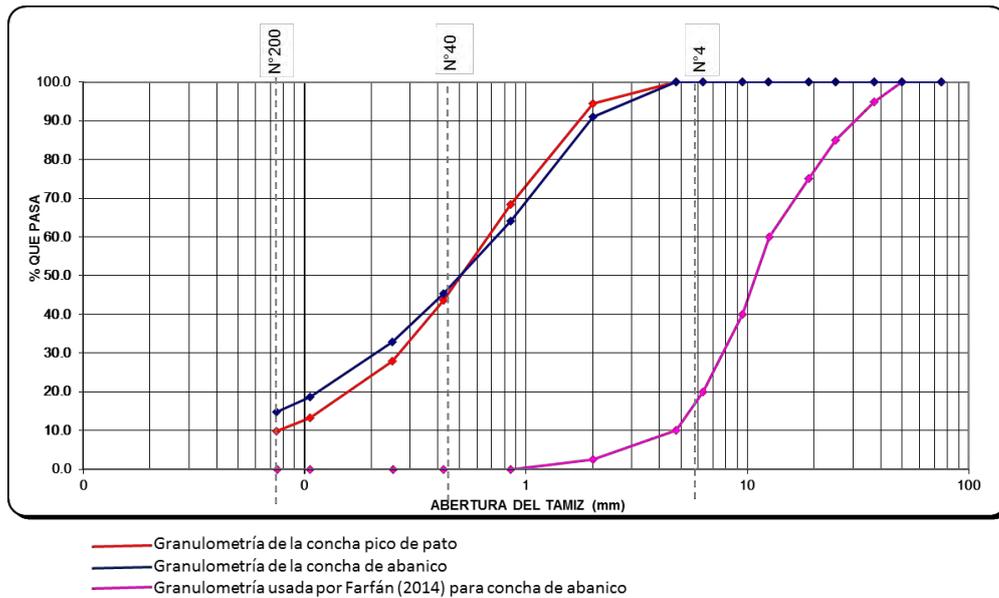
**Figura 42.** Partículas de la concha de abanico molida.

En la Figura 43 se muestra la distribución granulométrica de ambos materiales. Se puede observar que ambas son similares y en las dos predominan las fracciones finas. Además se muestra la distribución granulométrica de la concha de abanico usada por Farfán en su investigación. Como se observa, Farfán genera una granulometría con características de agregado grueso para la concha de abanico.

Se observa que el porcentaje de residuo de concha triturada que pasa entre los tamices #4 y #40 es ligeramente mayor en la concha pico de pato que en la concha de abanico, esto quiere decir que en este rango de tamaños la concha pico de pato tendrá partículas ligeramente más finas que la concha de abanico. Asimismo, el porcentaje que pasa entre

los tamices #40 y #200 es mayor en la concha de abanico que en la concha pico de pato, por lo que en este rango de tamaños la concha de abanico tendrá más partículas finas que la concha pico de pato.

Se deduce entonces que de la molienda, los residuos de concha de abanico obtuvieron partículas menos finas que la concha pico de pato. Se decidió una granulometría más fina que la usada por Farfán, reduciendo las diferencias por efecto del tamaño y la forma de las partículas, y darle predominio a las propiedades de plasticidad, expansión y absorción de las conchas de abanico y pico de pato.

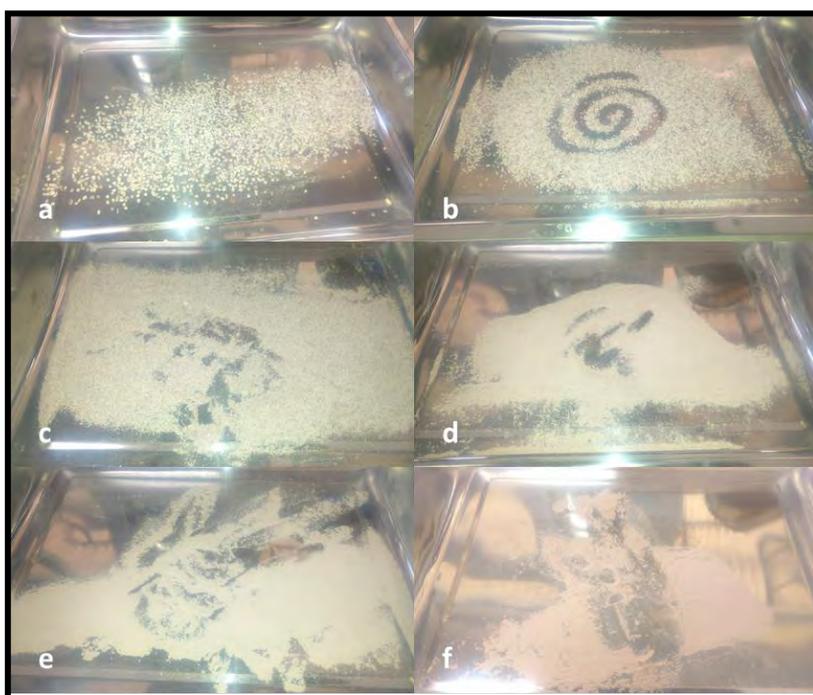


**Figura 43.** Curvas granulométricas de la concha pico de pato y de la concha de abanico triturada usada en la presente investigación. Curva granulométrica de la concha de abanico triturada usada por Farfán (2014).

Se observa en las Figuras 44 y 45 el material de concha de abanico y concha pico de pato retenido en los tamices # 10, 20, 40, 60, 140 y 200. Se observa la trituración que se obtuvo, con tamaños que disminuyen gradualmente hasta obtener una especie de harina de concha.



**Figura 44.** Residuos de concha pico de pato triturada, retenido en: a) Tamiz #10 (2mm abertura); b) Tamiz #20 (0.85mm abertura); c) Tamiz #40 (0.425mm abertura); d) Tamiz #60 (0.25mm abertura); e) Tamiz #140 (0.106mm abertura); f) Tamiz #200 (0.075mm abertura).



**Figura 45.** Residuos de concha de abanico triturada, retenido en: a) Tamiz #10 (2mm abertura); b) Tamiz #20 (0.85mm abertura); c) Tamiz #40 (0.425mm abertura); d) Tamiz #60 (0.25mm abertura); e) Tamiz #140 (0.106mm abertura); f) Tamiz #200 (0.075mm abertura).

En conclusión, las características físicas (concha de abanico menos alargada, más redondeada y de mayor espesor que la concha pico de pato) y mecánicas (concha de abanico se rompe con mayor dureza que la concha pico de pato) de los dos tipos de valvas, son las determinantes para obtener las granulometrías finas. A pesar que se utiliza el mismo sistema de trituración, se obtuvieron granulometrías ligeramente distintas entre la concha de abanico y la concha pico de pato, sin embargo, esa pequeña diferencia puede ser significativa para el CBR, por lo que se verificará si esto tiene efecto o no en los resultados.

## Capítulo 4

### Evaluación de la estabilización del suelo con residuos de conchas

#### 4.1. Requerimientos granulométricos de las mezclas.

Existen normas que proponen rangos para la granulometría que debería tener un suelo para ser empleado como sub base o como base de la estructura interna de un pavimento. En la presente investigación se tomará como guía el manual de carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” EG-2013, el cual es utilizado en el Perú y toma de referencia la norma ASTM D 1241, la cual propone las mismas especificaciones de granulometría tanto para sub base y base. En la tabla 12 se presentan los rangos sugeridos por el manual y la norma.

**Tabla 12.** Requerimientos granulométricos para sub base granular.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO			
	GRADACIÓN A	GRADACIÓN B	GRADACIÓN C	GRADACIÓN D
50 mm. (2")	100	100	---	---
25 mm.(1")	---	75 - 95	100	100
9,5 mm. (3/8")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4,75 mm. (N° 4)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
2,0 mm. (N° 10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
425 um. (N° 40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 um. (N° 200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

**Fuente.** American Society for Testing and Materials, ASTM D 1241.

Como se puede observar, ASTM D 1241 propone cuatro especificaciones granulométricas o gradaciones para sub base y base, las cuales son:

- Gradación A: se emplea para sub bases granulares de pavimentos en zonas cuya altitud sea o supere los 3000 m.s.n.m., puesto que a comparación de las otras gradaciones, ésta tiene menor presencia de finos para así contrarrestar posibles fallas debido al congelamiento y descongelamiento.
- Gradación B: se emplea para sub bases granulares de pavimentos para zonas con altitud menor a los 3000 m.s.n.m., debido a que es la única gradación que retiene entre un 5 a 25% del material en el tamiz de 1". Se presume que los suelos en este rango tengan una mayor resistencia mecánica.
- Gradación C y D: al igual que la gradación B, éstas dos últimas gradaciones también se emplean en zonas cuya altitud es menor a los 3000 m.s.n.m., se diferencian de las otras puesto que tienen más presencia de finos.

Se propuso realizar cuatro mezclas de suelo con proporciones variables en peso de concha triturada para las dos especies (Tabla 13), además del patrón que corresponde con el suelo natural, sin residuo para evaluar los cambios en sus propiedades.

**Tabla 13.** Mezclas de suelo con los dos tipos de residuos de conchas trituradas propuestas.

<b>Mezcla 1</b>	20% concha pico de pato triturada + 80% suelo natural
<b>Mezcla 2</b>	40% concha pico de pato triturada + 60% suelo natural
<b>Mezcla 3</b>	60% concha pico de pato triturada + 40% suelo natural
<b>Mezcla 4</b>	80% concha pico de pato triturada + 20% suelo natural
<b>Mezcla 5</b>	20% concha de abanico triturada + 80% suelo natural
<b>Mezcla 6</b>	40% concha de abanico triturada + 60% suelo natural
<b>Mezcla 7</b>	60% concha de abanico triturada + 40% suelo natural
<b>Mezcla 8</b>	80% concha de abanico triturada + 20% suelo natural

El proceso de mezclado se realizó manualmente, mediante el método de cuarteo manual sugerido por la norma ASTM C 702, para el cuál se combinaron los materiales en distintas proporciones procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible. Usando una palana se dividió en cuatro partes iguales y se removieron los cuartos diagonales opuestos a ensayar. Se realizó el mismo procedimiento para las ocho mezclas.



**Figura 46.** Suelo natural y concha pico de pato molida antes de ser mezclados.

Teniendo ya la granulometría de suelo natural y de los dos tipos de concha triturada, y mediante el método de tanteo, se determinó la granulometría de las mezclas, tanto para el residuo de la concha pico de pato como de la concha de abanico, mostradas en las tablas 14 y 15.

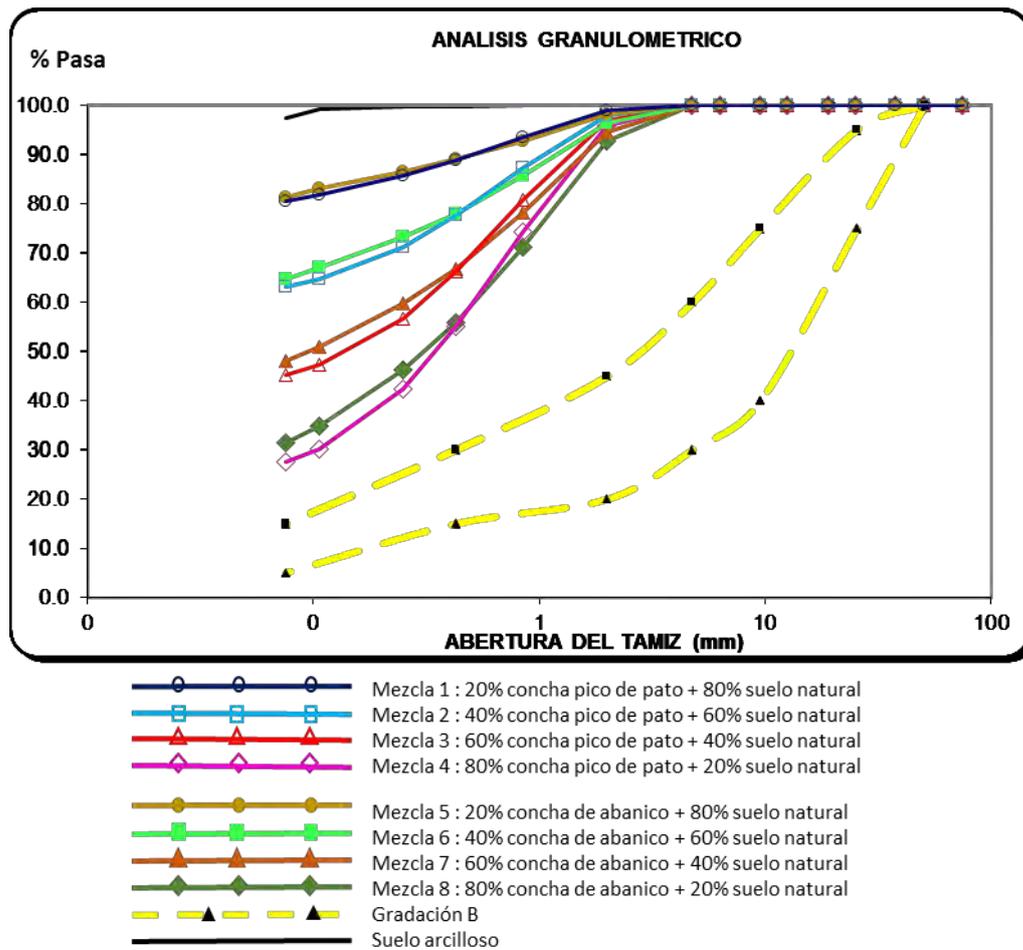
**Tabla 14.** Granulometría teórica de las mezclas de suelo con residuo de concha pico de pato.

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	% PASA					
		Suelo natural	Concha pico de pato	MEZCLA 1 20% concha	MEZCLA 2 40% concha	MEZCLA 3 60% concha	MEZCLA 4 80% concha
4	7.76	100	100	100	100	100	100
10	2	100	95	99	98	97	96
20	0.85	100	68	94	87	81	74
40	0.426	100	44	89	78	66	55
60	0.25	100	28	86	71	57	42
140	0.106	99	19	82	65	47	30
200	0.074	98	10	80	63	45	28

**Tabla 15.** Granulometría teórica de las mezclas de suelo con residuo de concha de abanico.

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	% PASA					
		Suelo natural	Concha de abanico	MEZCLA 5 20% concha	MEZCLA 6 40% concha	MEZCLA 7 60% concha	MEZCLA 8 80% concha
4	7.76	100	100	100	100	100	100
10	2	100	91	98	96	95	93
20	0.85	100	64	93	86	78	71
40	0.426	100	45	89	78	67	56
60	0.25	100	33	87	73	60	46
140	0.106	99	19	83	67	51	35
200	0.074	98	15	81	65	48	32

La distribución granulométrica de las mezclas se han graficado en la Figura 47. Al realizar las combinaciones de suelo con concha triturada, en diferentes proporciones, se obtuvieron mezclas con granulometría continua. Se verifica que ninguna de ellas cumple con la recomendación granulométrica “B” que dan las normas EG-2013 ni la ASTM D 1241 para Base y Sub base de pavimentos, expuesta anteriormente en la Tabla 12. Esto se debe a que tanto el suelo patrón que se ha estudiado como las conchas de molusco trituradas tienen granulometrías de material fino, cuyas partículas pasan la malla #4 en su totalidad.



**Figura 47.** Curvas granulométricas de las mezclas de suelo arcilloso con concha pico de pato y conchas de abanico.

También se observa que a medida que aumenta el porcentaje de residuos de concha triturada en las mezclas, éstas tienden a acercarse más al límite superior de las especificaciones. Esto ocurre porque aumenta el tamaño de las partículas en proporción al porcentaje de concha añadida en cada mezcla, por lo que se acercan a la gradación B, que tiene en una granulometría que incluye material fino y grueso.

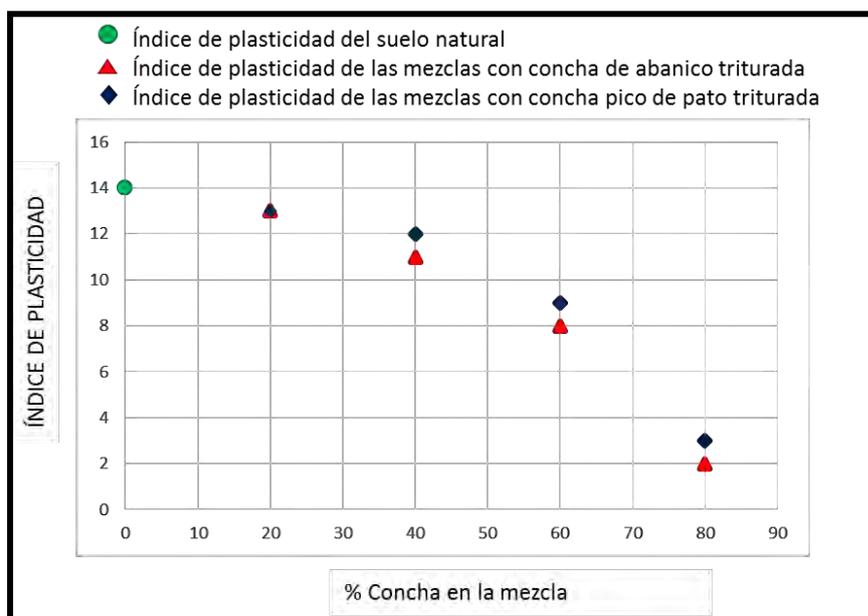
Al evaluar la plasticidad de las mezclas (NTP 339.129), se obtuvieron resultados bastante alentadores, pues se registra una disminución de la plasticidad (Tabla 16). Esto ocurre porque los residuos de conchas trituradas no tienen plasticidad, y al combinarlos con el suelo natural, la plasticidad de la mezcla se reduce.

**Tabla 16.** Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de las mezclas.

Mezcla	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad
Suelo natural: 100% arcilla	37	23	14
Mezcla 1: 20% concha pico de pato + 80% suelo natural	36	22	14
Mezcla 2: 40% concha pico de pato + 60% suelo natural	24	22	12
Mezcla 3: 60% concha pico de pato + 40% suelo natural	29	20	9
Mezcla 4: 80% concha pico de pato + 20% suelo natural	24	21	3
Mezcla 1: 20% concha de abanico + 80% suelo natural	35	22	13
Mezcla 2: 40% concha de abanico + 60% suelo natural	32	21	11
Mezcla 3: 60% concha de abanico + 40% suelo natural	28	20	8
Mezcla 4: 80% concha de abanico + 20% suelo natural	21	19	2

**Fuente.** Laboratorio de Ensayos de materiales UDEP.

En la Figura 48 se han graficado los valores de índice de plasticidad (IP) de las mezclas de suelo arcilloso, donde se observa que la presencia del residuo de valva reduce severamente la plasticidad del suelo natural. Esto se puede explicar gracias a que la valva triturada tiene una granulometría con más finos, aportando finos no plásticos al suelo.



**Figura 48.** Variación del índice de plasticidad en las mezclas de suelo respecto a la adición de residuo de moluscos.

#### 4.2. Relación Humedad - Densidad

Para evaluar los parámetros de compactación del suelo se empleó el ensayo Proctor Modificado, realizado según la NTP 339.141, Método A.

El Método "A" emplea un molde de 4 pulgadas, en el cual se coloca 5 capas de material las cuales son compactadas con 25 golpes cada una con un pistón de 10 lbf, el cual cae a una altura de 18 pulgadas, como se observa en la Figura 49.



**Figura 49.** Técnico realizando la compactación por capas para el ensayo Proctor modificado.

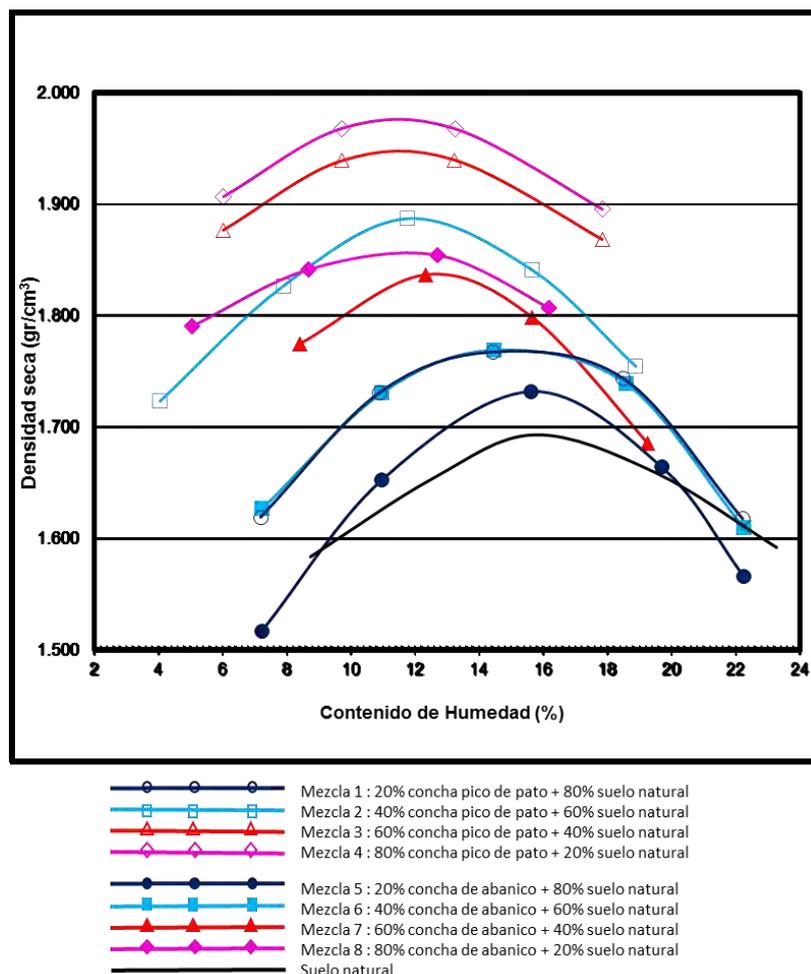
Los resultados del ensayo de densidad máxima se presentan en la Tabla 17, y se observa que el valor de la máxima densidad seca aumenta proporcionalmente al aumentar el porcentaje de residuo de concha triturada que se agrega a la mezcla, debido a que a medida que se adiciona concha triturada, las partículas se van acomodando mejor a la mezcla de suelo-concha, lo que genera el incremento de la densidad.

**Tabla 17.** Valores de Máxima densidad seca y Humedad óptima

Mezcla	Máxima densidad seca (gr/cm <sup>2</sup> )	Humedad óptima (%)
Suelo natural: 100% arcilla	1.69	16.4
Mezcla 1: 20% concha pico de pato + 80% suelo natural	1.78	15
Mezcla 2: 40% concha pico de pato + 60% suelo natural	1.89	12
Mezcla 3: 60% concha pico de pato + 40% suelo natural	1.94	11.8
Mezcla 4: 80% concha pico de pato + 20% suelo natural	1.97	11.3
Mezcla 1: 20% concha de abanico + 80% suelo natural	1.73	15.5
Mezcla 2: 40% concha de abanico + 60% suelo natural	1.77	14.2
Mezcla 3: 60% concha de abanico + 40% suelo natural	1.83	12.7
Mezcla 4: 80% concha de abanico + 20% suelo natural	1.85	11.2

**Fuente.** Elaboración propia.

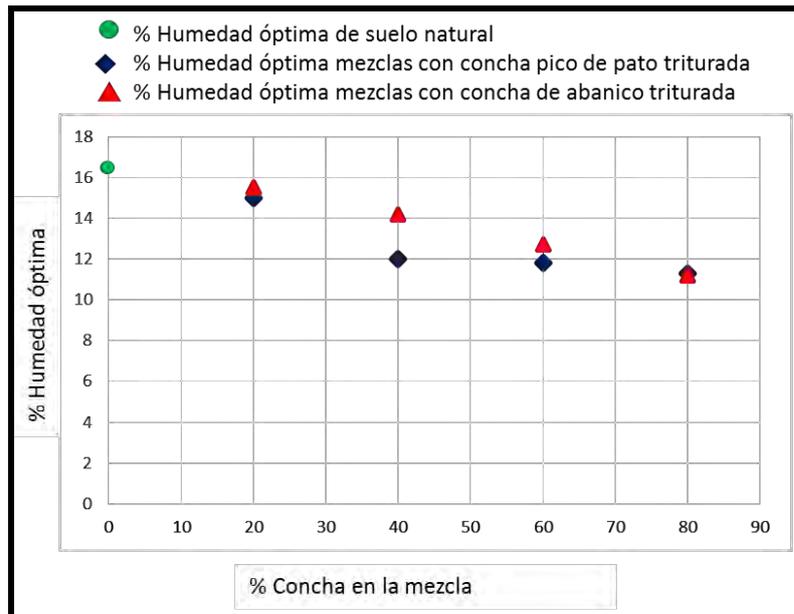
En la Figura 50 se muestra las curvas densidad vs humedad de las ocho mezclas más el suelo natural. Se verifica que la concha pico de pato triturada permite incrementar más la densidad seca del suelo estabilizado respecto a la concha de abanico triturada usando el mismo porcentaje de mezcla. Esto indicaría que las diferencias en la forma de las partículas de ambas especies tienen efecto en el acomodo de las partículas del suelo, puesto que la granulometría de la concha de abanico es ligeramente menor que la granulometría de la concha pico de pato. Sin embargo, estas variaciones no parecen ser muy significativas.



**Figura 50.** Curvas densidad máxima vs humedad óptima de las mezclas con concha pico de pato y concha de abanico, con arcilla de baja plasticidad.

Para el caso de la humedad óptima se observa que ésta disminuye al incrementar la proporción de residuo en las mezclas, requiriendo menor contenido de humedad para lograr su máxima densidad seca. Esto coincide con el comportamiento observado por Farfán (2014), ya que el residuo de concha se comporta como un suelo granular sin cohesión, aumentando la máxima densidad seca y reduciendo los requerimientos de agua para la compactación.

Al comparar ambas especies, el contenido de humedad no varía si se cambia de especie de concha. Por ejemplo, en la Figura 51, las mezclas con concha pico de pato triturada requieren similar humedad para lograr la máxima compactación que las mezclas con concha de abanico. Esto se debe a la menor plasticidad de las partículas de concha, cuya presencia hace disminuir la plasticidad de la mezcla, reteniendo menos al agua y dejando más agua libre para la compactación.



**Figura 51.** Variación de la humedad óptima de las mezclas con el contenido de valva triturada en las mezclas de suelo.

#### 4.3. Capacidad de soporte del suelo (CBR)

Cuando se aplica una carga a través de una superficie de contacto al pavimento de asfalto, se desarrollan dos resistencias: resistencia al corte perimetral y resistencia a la compresión. El California Bearing Ratio o CBR mide la resistencia al corte del suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un porcentaje de relación de soporte.

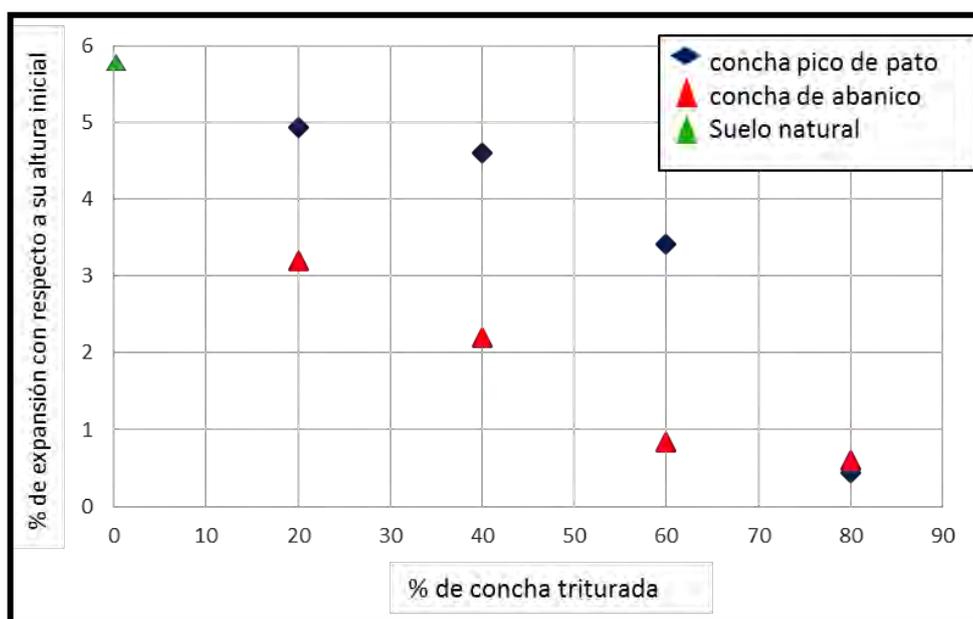
Se tomó como referencia la NTP 339.145 para la realización de este ensayo, el cual comprende dos etapas: determinación de las propiedades expansivas de las mezclas y determinación de la resistencia a la penetración. Para lo que se prepararon 3 probetas por mezcla, las cuales fueron compactadas en 5 capas y con energías diferentes: la primera probeta se compactó con 10 golpes, la segunda con 25 golpes y la tercera con 56 golpes. La compactación se trabajó con la humedad óptima de cada mezcla.



**Figura 52.** Molde usado para ensayo CBR.

Luego de realizar la compactación de las mezclas, se procedió a hallar el potencial de expansión del suelo. El suelo natural, al ser una arcilla (CL) puede tener propiedades expansivas, y se espera que al combinarlo con las conchas pico de pato y conchas de abanico en porcentajes distintos, disminuya, debido a que las conchas no poseen propiedades expansivas en su composición.

En la Figura 53 se ha graficado el potencial de expansión en relación al incremento de residuo en la mezcla de suelo. Se observa que el porcentaje de expansión del suelo natural disminuye al ser combinado con los residuos de conchas trituradas, independientemente de la especie usada. También se observa que el porcentaje de expansión es menor en las mezclas con concha de abanico que en las mezclas con concha pico de pato. Esto se debe a que los residuos triturados de conchas de abanico tienen partículas más finas que los de concha pico de pato, de tal manera que al ser mezclados con el suelo natural se aporta más finos no plásticos, reduciendo la plasticidad del suelo natural y disminuyendo al mismo tiempo sus propiedades expansivas. Al parecer, el efecto en la expansividad está en la cantidad de finos no plásticos que aporta el residuo de valva.



**Figura 53.** Potencial de expansión de las mezclas de suelo, respecto a la cantidad de residuo de concha presente, expresado como un porcentaje respecto a la altura inicial antes de la saturación.

**Tabla 18.** Potencial de expansión de los especímenes ensayados en cada mezcla, expresado como un porcentaje respecto a la altura inicial antes de la saturación.

Especimen	% de expansión		
	#1	#2	#3
Suelo natural: 100% arcilla	3.9	4.66	5.76
Mezcla 1: 20% concha pico de pato + 80% suelo natural	3.7	4.25	4.93
Mezcla 2: 40% concha pico de pato + 60% suelo natural	3.28	3.83	4.6
Mezcla 3: 60% concha pico de pato + 40% suelo natural	3.02	3.42	1.88
Mezcla 4: 80% concha pico de pato + 20% suelo natural	0.44	0.39	0.24
Mezcla 1: 20% concha de abanico + 80% suelo natural	3.7	4.25	4.93
Mezcla 2: 40% concha de abanico + 60% suelo natural	3.28	3.83	4.6
Mezcla 3: 60% concha de abanico + 40% suelo natural	0.83	0.61	0.48
Mezcla 4: 80% concha de abanico + 20% suelo natural	0.59	0.39	0.24



**Figura 54.** Lectura de los diales en las muestras sumergidas durante 96 horas, para medir el hinchamiento.



**Figura 55.** Técnico realizando el ensayo de penetración.

Los resultados del ensayo CBR se presentan en la Tabla 19.

**Tabla 19.** Valores de CBR obtenidos para las mezclas usadas en el presente trabajo, usando el Próctor Modificado.

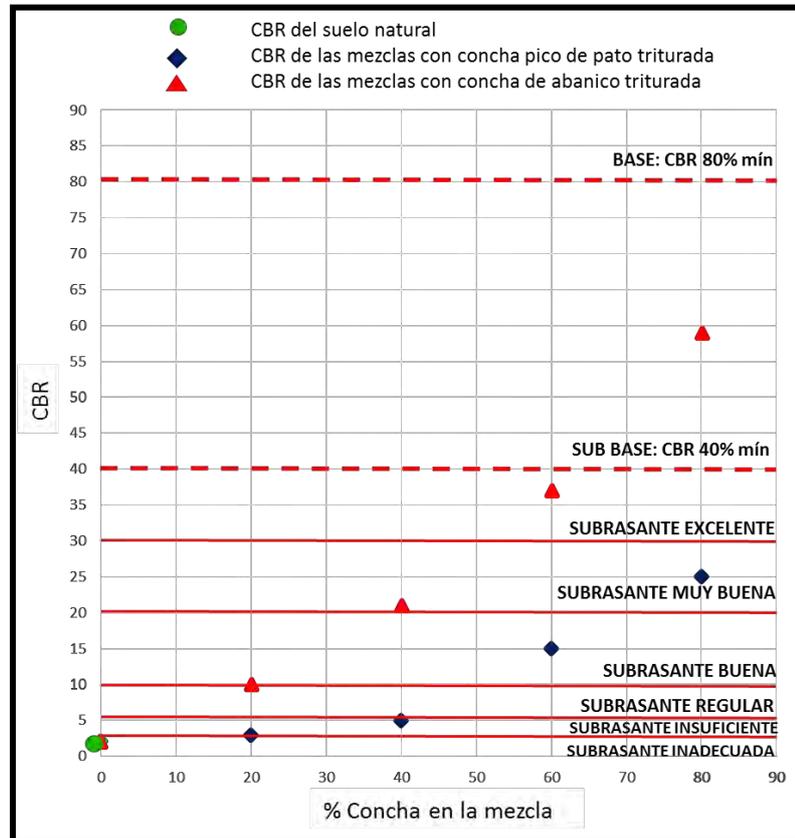
Mezcla	CBR a 0.1"
100% suelo natural	2
Mezcla 1: 20% concha pico de pato triturada + 80% arcilla	3
Mezcla 2: 40% concha pico de pato triturada + 60% arcilla	5
Mezcla 3: 60% concha pico de pato triturada + 40% arcilla	15
Mezcla 4: 80% concha pico de pato triturada + 20% arcilla	25
Mezcla 5: 20% concha de abanico triturada + 80% arcilla	10
Mezcla 6: 40% concha de abanico triturada + 60% arcilla	21
Mezcla 7: 60% concha de abanico triturada + 40% arcilla	37
Mezcla 8: 80% concha de abanico triturada + 20% arcilla	59

**Fuente.** Elaboración propia.

Se observa en la Figura 56 que a medida que se incrementa la cantidad de residuo de concha triturada, el valor de CBR aumenta, logrando mejorar la calidad de la subrasante. Además, son las mezclas con concha de abanico las que tienen mayor valor de CBR que las mezclas con concha pico de pato. La diferencia en el resultado al usar distintas especies de valvas se debe a la cantidad de finos no plásticos que aporta cada especie a la mezcla, la concha de abanico al poseer una granulometría más fina aporta más finos no plásticos a la mezcla, en cambio la concha pico de pato al poseer una granulometría menos fina aporta menos finos no plásticos a las mezclas. Esta diferencia hace que sean las mezclas con concha de abanico las que reduzcan más la plasticidad del suelo natural, y por consiguiente reducen más la expansión del suelo natural, logrando así mejores valores de CBR.

La capacidad de soporte en las mezclas con ambos tipos de concha es ascendente. En investigaciones pasadas, como la de Farfán (2014), la capacidad de soporte aumenta hasta un determinado porcentaje de concha y luego disminuye, debido a que aunque las mezclas que se obtuvieron al adicionar concha triturada tenían una mejor granulometría, seguían careciendo de finos cohesivos lo que limitaba la adquisición de resistencia. En la presente investigación, a diferencia de la investigación de Farfán (2014), el tamaño de trituración de las conchas es menor, obteniendo resultados de CBR menores que no alcanzan una calidad de base. Se verifica entonces que las valvas trituradas con características de agregado fino, estabilizan el suelo al reducir la plasticidad y controlar la expansión en suelos arcillosos. Sin embargo, el CBR mejorará significativamente si se usa una trituración de gruesos, como lo sugiere Farfán (2014).

Por otro lado, al comparar el comportamiento del CBR entre ambas especies de moluscos se observa una diferencia significativa entre ellas. El CBR mejora más con la concha de abanico que con la concha pico de pato. Siendo la granulometría muy similar, el factor diferencial puede ser la dureza. Como se comentó en el capítulo 3, la concha de abanico es mucho más dura que la concha pico de pato y esto puede explicar la mayor capacidad de soporte al suelo estabilizado.



**Figura 56.** CBR vs % de residuo de concha triturada en la mezcla, comparando su uso como subrasante, sub base y base.

Según el Manual de carreteras (2014) los suelos por debajo del nivel superior de la sub rasante, en una profundidad no menor de 0.60 m, deberán ser suelos adecuados y estables con  $CBR \geq 6\%$ . El suelo patrón se clasifica entonces como una sub rasante inadecuada pues posee un valor de CBR de 2%, el cuál es muy bajo. A partir del 20% para la concha de abanico y de un 60% para la concha pico de pato, el suelo estabilizado se consideraría apropiado para su aplicación como material de sub rasante. Esto significa que se puede estabilizar una sub rasante inadecuada con menor proporción de concha de abanico que concha pico de pato, confirmando que es la concha de abanico la que ofrece mayor resistencia a la deformación.

**Tabla 20.** Categorías de Sub rasante según el Manual de Carreteras EG-2013.

<b>Categorías de Sub rasante</b>	<b>CBR</b>
S0 : Sub rasante inadecuada	CBR < 3%
S1 : Sub rasante insuficiente	De CBR $\geq$ 3% A CBR < 6%
S2 : Sub rasante Regular	De CBR $\geq$ 6% A CBR < 10%
S3 : Sub rasante Buena	De CBR $\geq$ 10% A CBR < 20%
S4 : Sub rasante Muy Buena	De CBR $\geq$ 20% A CBR < 30%
S5 : Sub rasante Excelente	CBR $\geq$ 30%

Al comparar los valores de CBR de las mezclas con las especificaciones de CBR para Base y Sub base que propone el Manual de carreteras se puede ver que sólo el suelo estabilizado con 80% de concha de abanico triturada cumple los requisitos para sub base y en ningún caso, el suelo puede llegar a usarse como base. Esto indica que al suelo estabilizado le faltan aún partículas gruesas y que la granulometría usada de los residuos de conchas no es la más adecuada para lograr una mejora significativa del desempeño mecánico del suelo. Con partículas de mayor tamaño y menos partículas finas, la granulometría podría ser más completa al combinarla con el suelo arcilloso y podría acercarse más al huso sugerido por el MTC, de modo que se logre obtener un mejor comportamiento como material de Base y Sub base de un pavimento. En este caso, la trituración de las valvas no aporta partículas gruesas, limitando grandemente la capacidad de soporte del suelo estabilizado.

Por lo tanto, aunque se logró mejorar la granulometría de la sub rasante arcillosa adicionando los dos tipos de concha triturada y se mejoró la resistencia mecánica para que pase a ser un material aceptable como subrasante o subbase, no se logró que las mezclas puedan ser usadas como material para base. Esto se debió a las características del molino donde fueron triturados los residuos de concha.

#### **4.4. Absorción por capilaridad**

Otro aspecto importante que interesa conocer con fines de pavimentación es el transporte de agua que se produce por capilaridad a través de las capas del pavimento, pues muestra la aptitud que un cuerpo poroso ofrece a ser penetrado por un fluido cuando se encuentra sometido a un diferencial de presión. Este comportamiento tiene importancia para predecir la durabilidad del material dentro de la estructura del pavimento, especialmente cuando es sometido a la acción del agua subterránea.

Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen. Los cambios de volumen en un suelo expansivo pueden ocasionar graves daños a las estructuras que se apoyan sobre éste, por esta razón, al construir un pavimento hay que intentar al máximo controlar las variaciones volumétricas del mismo a causa de la humedad.

La propiedad que mejor refleja la capacidad del material para absorber y transmitir agua por capilaridad es la absorción capilar y el parámetro que la caracteriza es la tasa de absorción capilar.

La tasa de absorción o velocidad de ascensión capilar es una propiedad hidráulica que caracteriza la tendencia de un material poroso a absorber y transmitir agua a través de su masa por succión capilar. Es un caso de transporte inducido por la tensión superficial del agua actuando sobre los capilares del material, el cual ejerce fuerzas de atracción sobre las moléculas situadas en la superficie del líquido provocando con ellas el llenado de los espacios existentes en su masa.

Cuando se somete una probeta muestra de material al contacto con agua por una de sus caras, la cantidad de agua que puede ser absorbida por los capilares del material, considerando un flujo unidireccional de ascenso, es proporcional a la raíz cuadrada del tiempo (Sabir, 1998).

$$i = S * t^{1/2}$$

Donde:

- **i**: masa acumulada de agua absorbida por unidad de área de la sección mojada en g/cm<sup>2</sup>.
- **S**: tasa de absorción capilar (pendiente de la curva) en g/cm<sup>2</sup>\*h<sup>0.5</sup>.
- **t**: tiempo de inmersión o exposición expresado en horas.

Con esto es posible medir la absorción de agua por capilaridad de una muestra y su evolución en el tiempo.

En la presente investigación se determinó la absorción capilar de 4 mezclas de suelo natural con conchas pico de pato y conchas de abanico trituradas, comparándola con las del suelo patrón, como una medida de la ganancia de masa de las mezclas constituidas por probetas cilíndricas, sometidas a la acción del contacto con arena húmeda por una de sus caras.

En primer lugar, se prepararon las probetas cilíndricas con las mezclas de suelo con los residuos de conchas de ambas especies usando los moldes empleados para el ensayo de resistencia a la compresión de probetas suelo – cemento, usado para medir un valor aproximado de la resistencia a la compresión de probetas hechas con suelo y cemento, cuyas dimensiones son 101.6 mm (4.0”) de diámetro y de 116.4 mm (4.584”) de altura (Figura 52).

Se elaboraron 3 probetas para cada mezcla de 60% y 80% de los dos tipos de concha con suelo y 3 para el suelo patrón; y fueron secadas al horno por 24 horas. Luego se procedió a forrar las superficies laterales de las probetas con lámina plástica, para impermeabilizarlas y así el agua ingrese únicamente por la cara inferior de la probeta al entrar en contacto con la arena húmeda. Las probetas fueron colocadas sobre una cama de arena saturada, dentro de un recipiente de vidrio con agua. El fondo de las probetas se introdujo unos 10 mm en la cama de arena húmeda, Figura 57.

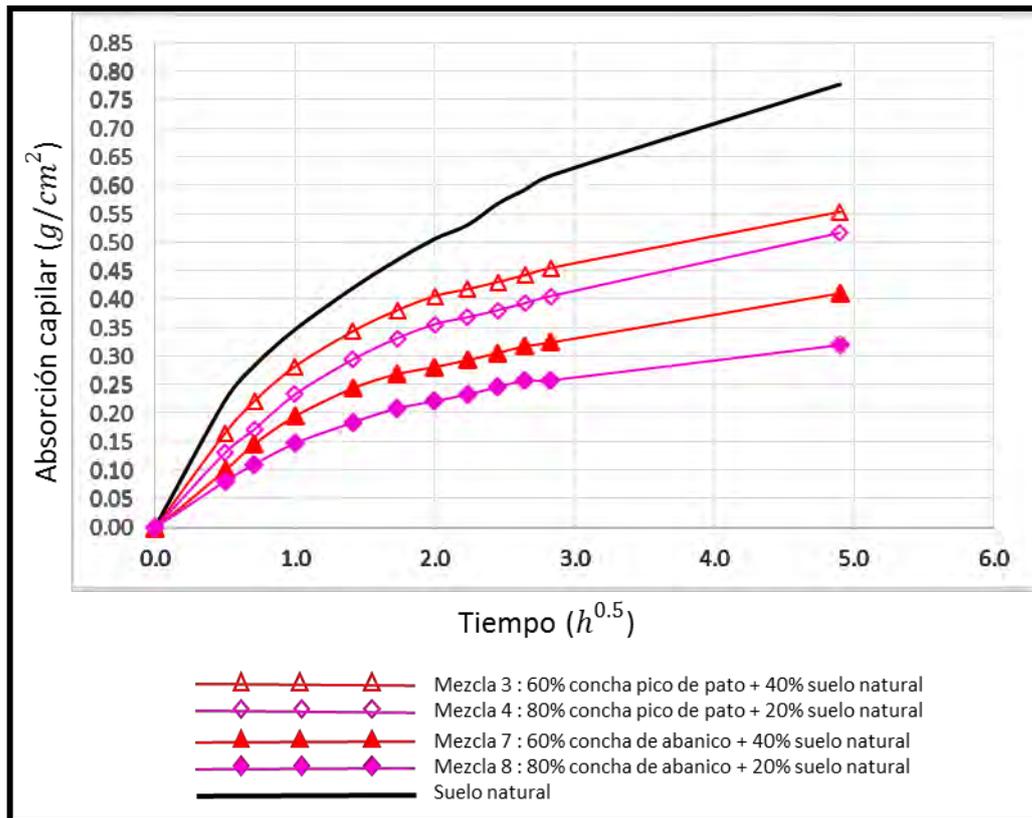


**Figura 57.** Ensayo de absorción por capilaridad. Probetas sumergidas en cama de arena saturada.

La cantidad de agua absorbida se midió en el tiempo, a 15 y 30 minutos y a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 24 horas.

#### **4.4.1. Resultados**

Se observa en la Figura 58 las curvas correspondientes a los resultados obtenidos en los ensayos de absorción por capilaridad realizados. En la gráfica, las ordenadas representan la cantidad de agua absorbida por unidad de área de la muestra, y las abscisas representan la raíz cuadrada del tiempo transcurrido (15 minutos, 30 minutos, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 24 horas).



**Figura 58.** Absorción capilar de las mezclas de suelo natural con 60% y 80% de valva triturada.

Se observa que a medida que aumenta el porcentaje de concha en las mezclas, se obtienen menores absorciones capilares. La mayor cantidad de partículas finas no plásticas que aporta la concha triturada produce una disminución de la absorción capilar, pues las partículas de concha llenan los espacios generados por los poros, bloqueándolos e impidiendo el paso del agua. Además, al reducir la plasticidad hay menos polaridad con las moléculas de agua, reduciendo su capilaridad para migrar por los poros capilares.

Por otro lado, se puede ver también que hay una diferencia significativa al usar una especie diferente de valva. Con la concha pico de pato la reducción de la capilaridad no es muy alta comparada con la concha de abanico, probablemente porque la concha de abanico tiene partículas más finas que la concha pico de pato. La ascensión capilar depende en buena parte del tamaño de los poros capilares. Si estos son más grandes, menor será la absorción capilar. En este caso, si hay menos partículas finas, los poros capilares serán más grandes y habrá menos ascensión de agua.

## **Conclusiones y recomendaciones**

1. El uso de las valvas de molusco en general tiene un efecto positivo cuando se quiere usar para estabilizar la subrasante arcillosa de un pavimento, porque mientras más porcentaje de valva se agrega a la mezcla con suelo natural, aumenta la densidad seca y disminuye el óptimo contenido de humedad para la compactación, plasticidad, expansión y absorción capilar, lo que genera que aumente el CBR del suelo arcilloso y se tenga un suelo menos susceptible al agua.
2. Cuando se estabiliza un suelo con valva triturada sí hay diferencia en el resultado según la especie usada. En este caso, la concha de abanico ofrece un mejor desempeño que la concha pico de pato, debido fundamentalmente a su dureza, que condiciona el contenido de finos menores a 2 mm. Esta ligera variación altera significativamente el valor de CBR, máxima densidad seca y susceptibilidad al agua del suelo estabilizado.
3. El tamaño de trituración de las conchas y su granulometría influye en el comportamiento del suelo estabilizado. Al usar una granulometría relativamente fina, se limitó la ganancia de resistencia al corte del suelo estabilizado. Para un rango de trituración entre 2 y 0.075 milímetros, existe un rango de reemplazo a partir del cual se puede lograr un cambio significativo en el CBR del suelo. En la concha de abanico este cambio se produce usando un 40%, lo cual aumenta el valor de CBR del suelo arcilloso y mejora su calidad como subrasante o subbase. En la concha pico de pato este cambio se produce usando un 60%, lo cual aumenta el valor de CBR del suelo arcilloso y mejora su calidad para que pueda ser usado como subrasante buena.
4. La adición de valva triturada a un suelo arcilloso altamente plástico reduce su capacidad de absorber agua por capilaridad, como consecuencia de la reducción de plasticidad del suelo estabilizado. A su vez, las valvas de concha de abanico son las

que reducen más la absorción capilar en relación a las de las conchas pico de pato, debido probablemente a su mayor rugosidad y aspereza.

### **Futuras investigaciones**

1. Los resultados de esta investigación son válidas para una trituración de concha entre 2 y 0.075 milímetros. Es probable que las mezclas alcancen mayores valores de CBR si la trituración incluye partículas de mayor tamaño y también partículas finas, logrando una granulometría que tenga un mayor rango, obteniendo un mejor comportamiento de las mezclas para su uso como material de base y sub base de un pavimento. Se podría hacer una investigación uniendo los tamaños de trituración empleados en esta investigación con los que usó Farfán (2014).
2. Así como la concha pico de pato y la concha de abanico, hay más especies de molusco en la región Piura, cuyas valvas son desechadas por cantidad en los botaderos municipales, de las cuales se puede estudiar su uso como material para pavimentación, que reemplace a los agregados convencionales. La gran ventaja de esta aplicación es que no requieren tratamiento de limpieza, sólo de trituración.

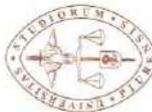
## **Bibliografía**

- Carnero, M, Fernández, E, Carreira, X, Méndez, M 2009, Mezclas de Zahorras Naturales y Concha de Mejillón para Firmes de Vías Forestales. XIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Badajoz, 8-10 de julio 2009.
- Department of Environmental and Energy Engineering Chonnam National University. “Stabilization of As, Pb and Cu contaminated soil using calcined oyster shells and Steel slag”. Environmental Science and Pollution Research. July 2015, Volume 22.
- Farfan Raymundo, Pierre Richard. “Uso de concha de abanico triturada para mejoramiento de subrasantes arenosas”. Tesis de título. Universidad de Piura. 2014.
- Florida Department of Transportation 2013, Standard Specifications for Road and Bridge Construction. Division III Materials, Aggregates.
- George Rowland Otoko & Esenwa Ifechukwude Cynthia. “Mechanical stabilization of deltaic clayey soil using crushed waste periwinkle shells.” International Journal of Engineering and Technology Research , vol. 2, No. 5. Ministerio de Transportes y comunicaciones. “Manual de carreteras. Sección suelos y pavimentos. 2013.
- INDECOPI (1999). NTP. 339.128 – SUELOS: Método de ensayo para el análisis granulométrico.
- INDECOPI (1999). NTP. 339.129 – SUELOS: Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de los suelos.
- INDECOPI (1999). NTP. 339.134 – SUELOS: Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS).

- INDECOPI (1999). NTP. 339.141 – SUELOS: Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.
- Montejo Fonseca, Alfredo. “Ingeniería de Pavimentos para carreteras”. Segunda Edición. 2002.
- Norma Técnica Peruana para ensayos NTP339.141 “Compactación del suelo en Laboratorio utilizando un energía modificada.”
- Norma Técnica Peruana para ensayos NTP339.141 “Compactación del suelo en Laboratorio utilizando un energía modificada.”
- Norma Técnica Peruana para ensayos NTP339.145 “CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en laboratorio (No incluye Proctor).”
- Norma Técnica Peruana para ensayos NTP400.20 “Abrasión de los Ángeles”
- Sabir, B.B., Wild, S.and 0\_Farrell, M. “A water sorptivity test for mortar and concrete.” Materials and Structures. Vol 31, pp. 568-574, 1998.
- Taus Valera L., 2003, Determinación de la absorción capilar en hormigones elaborados con agregados naturales y reciclados. Ciencia y tecnología del hormigón, 2008.
- Yamada, M., Taniguchi, K., Okumura, M., and Sano, H., “Deflection properties of pavement constructed on subgrade containing crushed oyster shell,” Zairyo, vol. 53, no. 1, pp. 25–28, 2004.

## **ANEXO A**

### **Granulometrías de las valvas trituradas**



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

Norma: NTP 339.128 - 1999

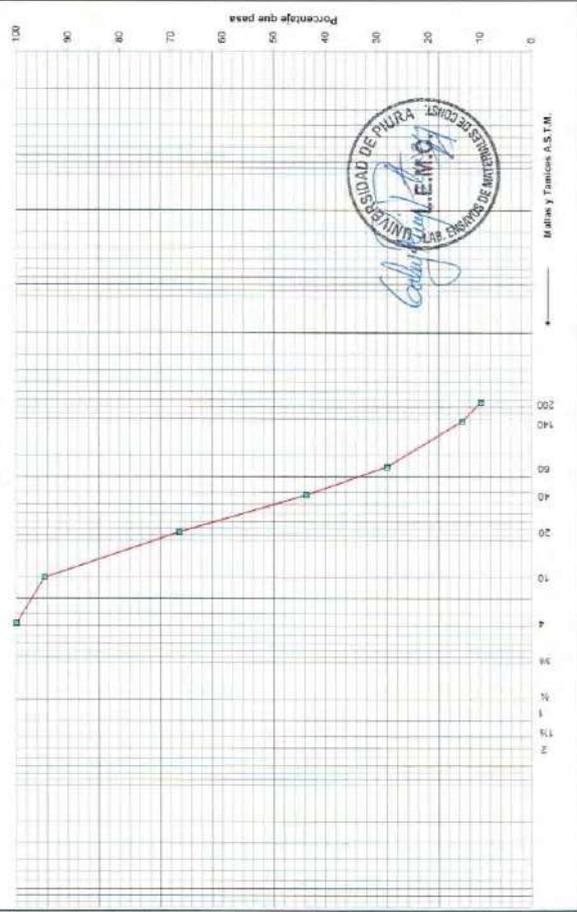
EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTIAGO QUEZADA OSORIO      Ubicación : Piura      Muestreo realizado por : El solicitante  
 Obra : Tesis. Estabilización de suelos con concha de pisco y concha de abanico  
 Procedencia : Concha Pisco de Piura

Orden de servicio N° : 19434  
 Informe N° : 164717  
 Fecha de ensayo : 25/08/2018  
 Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C

Abertura mm	Tamiz ASTM	Contenido (g)	Retenido parcial %	Retenido total %	Pasa %
76.2	3 "				
50.8	2 "				
38.1	1 1/2 "				
25.4	1 "				
19.1	3/4 "				
9.5	3/8 "				
4.75	4	0	0.00	0.00	100
2	10	24.8	5.45	5.45	95
0.85	20	119.00	26.15	31.60	68
0.425	40	112.50	24.73	56.33	44
0.25	60	71.60	15.74	72.07	28
0.106	140	66.20	14.65	86.72	13
0.074	200	16.40	3.60	90.32	10
	Fondo	44.20			
	Total	454.70			
	Peso inicial	455.00			
	Pérdida	0.30			

Curva granulométrica



Supervisó el ensayo: Gaby Ruiz Pietrozzi  
 Ingeniero Civil  
 DIP 46912

Descripción de la muestra: Clasificación AASHTO: A-1-b (0)  
 Presenta 5% de grava fina - 51% de arena gruesa y 34% de arena fina - 10% de finos no plásticos  
 (Muestra de color blanco)      Concha Pisco de Piura

Clasificación SUCES: Arena limpiada con arena 02M-SM

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte, por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

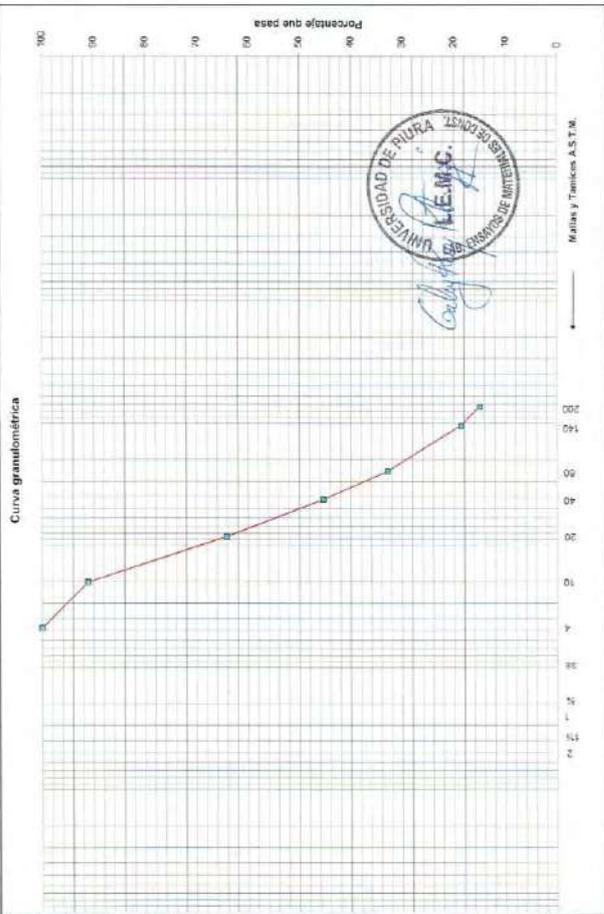
Norma: NTP 338 128 1989

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTIAGO CUEZADA OSORIO Ubicación : Piura  
 Obra : Terris: Estabilización de suelos con concha de pisco y concha de abanico  
 Procedencia : Concha de Abanico Muestreo realizado por : El solicitante

Orden de servicio N° : 19494  
 Informe N° : 104718  
 Fecha de ensayo : 25/10/2016  
 Realizó el ensayo : Tec. Francisco Castro C.

Abertura mm	Tamiz ASTM	Contenido (g)	Retenido parcial %	Retenido total %	Pasa %
76.2	3"				
60.8	2"				
38.1	1 1/2"				
25.4	1"				
19.1	3/4"				
9.5	3/8"				
4.75	4	0	0.00	0.00	100
2	10	39.0	8.88	8.88	91
0.85	20	118.50	26.97	35.84	64
0.425	40	82.70	18.82	54.67	45
0.25	60	56.00	12.52	67.18	33
0.106	140	62.20	14.16	81.34	19
0.074	200	16.50	3.76	85.09	15
	Fondo	65.20			
	Total	439.10			
	Peso inicial	439.40			
	Pérdida	0.30			



Supervisó el ensayo: Gaby Ruiz Petrozzi, Ingeniero Civil, CIP 46912

Descripción de la muestra: Clasificación AASHTO A-1-b (0) Concha de Abanico  
 Presenta 9% de grava fina, 48% de arena gruesa y 30% de arena fina, 15% de finos no plásticos  
 Muestra de color rosado claro.

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UIDEP se limita exclusivamente al procedimiento de aplicación y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UIDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



## **ANEXO B**

### **Resultados del suelo Patrón**



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

Norma: NTP 339.128 1999

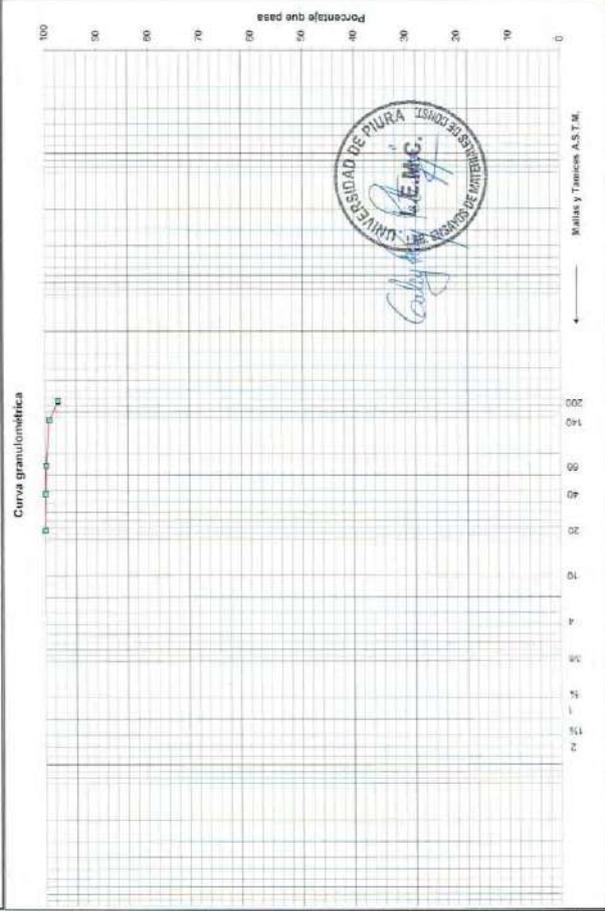
EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTAGO QUEZADA OSORIA Ubicación : Piura  
Obra : Tesis: Estabilización de suelos con concha de pica de palo y concha de abanico  
Procedencia : Río Piura margen izquierdo

Orden de servicio N° : 19494  
Informe N° : 164719  
Fecha de ensayo : 20/09/2016  
Realizó el ensayo : Tec. Francisco Castro C.

Muestreo realizado por :

Abertura mm	Tamiz ASTM	Contenido (g)	Retenido parcial %	Retenido total %	Pasa %
76.2	3"				
50.8	2"				
38.1	1 1/2"				
25.4	1"				
19.1	3/4"				
9.5	3/8"				
4.76	4				
2	10				
0.85	20	0.00	0.00	0.00	100
0.425	40	0.30	0.07	0.07	100
0.25	60	0.50	0.11	0.17	100
0.106	140	2.70	0.59	0.76	99
0.074	200	7.80	1.70	2.46	98
	Fondo	447.90			
	Total	459.20			
	Peso Inicial	459.50			
	Pérdida	0.30			



Superviso el ensayo: Gaby Ruiz Petrozzi  
Ingeniero Civil  
CIP 46912

Descripción de la muestra: Clasificación AASHTO: A-5 (16)  
Presenta 98% de finos arcillosos de baja plasticidad, LL<37 IP=14 2% de arena fina  
Muestra de color marrón amarillento

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC- UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de aplicación y el resultado del reporte de ensayo. El LEMC- UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.





**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

LÍMITES LÍQUIDO - PLÁSTICO - ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS  
Norma: NTP 339.129 1999

Orden de servicio N° : 14494  
Informe N° : 164720

Fecha de recepción : 05/08/2016  
Fecha de ensayo : 18/08/2016  
Fecha de emisión : 20/09/2011

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: SANTIAGO QUEZADA OSORIA
Obra	: Tesis: Estabilización de suelos con concha de pisco y concha de abarico
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Procedencia	: Río Piura margen izquierdo

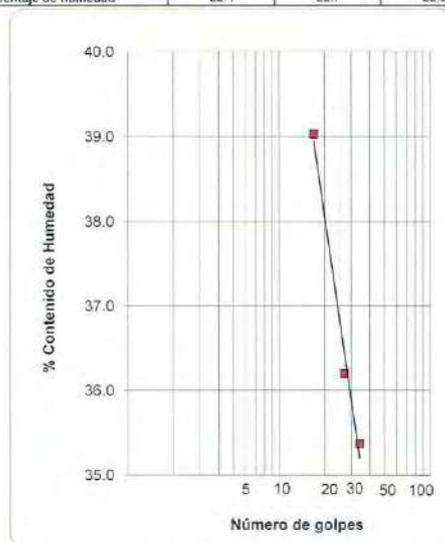
RESULTADOS:

LÍMITE LÍQUIDO

Peso húmedo	32.95	26.29	23.33		
Peso seco	24.34	20.77	16.78		
Peso de agua	8.61	7.52	6.55		
Porcentaje de humedad	35.4	36.2	39.0		
Número de golpes	34	27	17		

LÍMITE PLÁSTICO

Peso húmedo	11.31	9.83	14.01		
Peso seco	9.24	8.01	11.43		
Peso de agua	2.07	1.82	2.58		
Porcentaje de humedad	22.4	22.7	22.6		



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

(Fracción que pasa tamiz N° 40)  
Arcilla.  
Muestra de color marrón amarillento

Clasificación: AASTHO: A-6  
Clasificación: SUCS: CL

LÍMITE LÍQUIDO L. L.	37
LÍMITE PLÁSTICO L. P.	23
ÍNDICE PLÁSTICO I. P.	14

Realizó el ensayo: Téc. Francisco Castro

*Gaby Ruiz Paredes*  
Gaby Ruiz Paredes  
Ingeniero Civil  
CIP 46812  
Responsable DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PRUEBA DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO  
Norma: NTP 339.141 1999

Orden de servicio : 19494 Fecha de recepción : 05/08/2016  
Informe N° : 164721 Fecha de ensayo : 19/08/2016  
Clasificación AASTHO : A-6 (16) Fecha de emisión : 27/10/2016

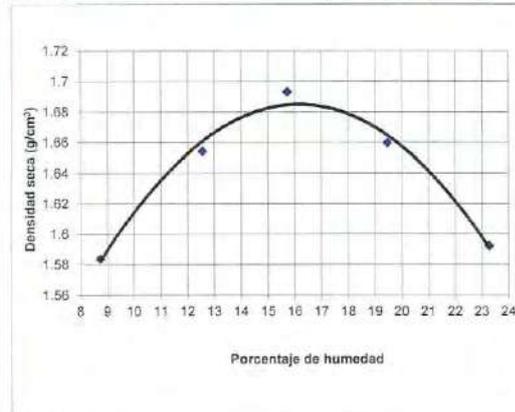
EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTIAGO QUEZADA OSORIA  
Obra : Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abarico  
Ubicación : Piura  
Muestreo realizado por : El solicitante  
Procedencia : Río Piura margen izquierdo

CONDICIONES DEL ENSAYO:

Procedimiento utilizado: A Método de preparación: Húmedo  
Molde N°: 2 Volumen del molde (cm<sup>3</sup>): 944  
Peso del molde (g): 4479 Altura de caída (pulg.): 18  
N° de capas: 5 N° de golpes por capa: 25  
Peso del martillo (lb): 10

Punto N°	I	II	III	IV	V
Peso de molde + suelo húmedo (g)	6105	6237	6329	6351	6332
Cápsula para humedad N°	I	II	III	IV	V
Peso de cápsula (g)	168.2	128.6	199.9	178.7	204.4
Peso de cápsula + suelo húmedo (g)	883.6	808.6	951.9	982.6	954.4
Peso de cápsula + suelo seco (g)	807.7	732.7	849.7	851.6	812.8
Porcentaje de humedad	8.74	12.56	15.73	19.47	23.27
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.58	1.65	1.89	1.86	1.59



Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.69  
Humedad óptima ( % ) : 16.4

Gaby Ruiz Petrozzi  
Ingeniero Civil  
CIP 46912  
Responsable

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : Sr. Santiago Quezada O.

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RAZÓN SOPORTE DE CALIFORNIA  
DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO  
Norma: NTP 339.145 1999

Orden de servicio N° : 19494  
Informe N° : 164722  
Clasificación AASTHO : A-6 (16)  
Fecha de ensayo : 22/08/2016  
Fecha de emisión : 27/10/2016

Hoja 1 de 2

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: SANTIAGO QUEZADA OSORIA
Obra	: Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Procedencia	: Rio Piura margen izquierdo

Condiciones iniciales del ensayo:

Especimen	# 1	# 2	# 3
Método de preparación y compactación	Húmedo		
Condición al momento de ensayarlos	Remojados 4 días		
% de humedad de compactación	16.0	15.9	16.0
Densidad seca antes de sumergirlos en agua	1.43	1.60	1.70
Compactación en golpes por capa	10	25	56

RESULTADOS

Especimen	# 1	# 2	# 3
% de expansión con respecto a su altura inicial	3.90	4.66	5.76
C.B.R. corregido a 0.1" de penetración	1	1	2
C.B.R. corregido a 0.2" de penetración	1	2	3
Cantidad de sobrecarga	10 lb	10 lb	10 lb

Observaciones:

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : Sr. Santiago Quezada O.

  
Gaby Ruiz Petrozzi  
Ingeniero Civil  
CIP 46912  
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RAZÓN SOPORTE DE CALIFORNIA  
DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO  
Norma: NTP 339.145 1999

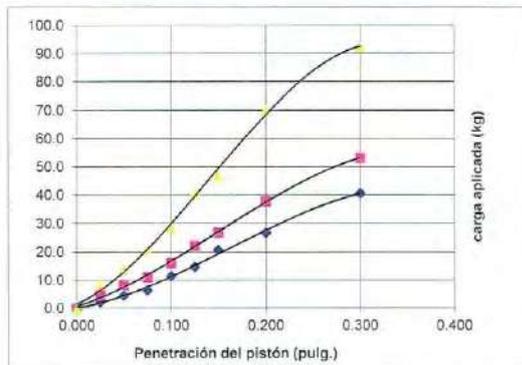
Orden de servicio N° : 19494  
Informe N° : 164722  
Clasificación AASTHO : A-6 (16)  
Fecha de ensayo : 22/08/2016  
Fecha de emisión : 27/10/2016

Hoja 2 de 2

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTIAGO QUEZADA OSORIA  
Obra : Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico  
Ubicación : Piura  
Muestreo realizado por : El solicitante  
Procedencia : Río Piura margen izquierdo

Penetración	Especimen # 1		Molde #X1-10golg.			Especimen # 2		Molde #X2-25golg.		Especimen # 3		Molde #X3-56golg.		
	lect.dial	carga	carga	C.B.R	%	lect.dial	carga	carga	C.B.R	lect.dial	carga	carga	C.B.R	%
0.000	0.0000	0.0				0.0000	0.0			0.0000	0.0			
0.025	0.0001	2.3				0.0001	4.6			0.0002	8.3			
0.050	0.0001	4.6				0.0002	8.3			0.0003	13.8			
0.075	0.0001	6.5				0.0002	11.1			0.0005	20.8			
0.100	0.0003	11.5	11.5	1		0.0004	16.2	16.2	1	0.0006	28.6	28.6	2	
0.125	0.0003	14.8				0.0005	22.2			0.0009	40.6			
0.150	0.0005	20.8				0.0006	26.8			0.0010	47.1			
0.200	0.0006	26.8	26.8	1		0.0008	37.8	37.8	2	0.0015	70.1	70.1	3	
0.300	0.0009	40.6				0.0012	53.1			0.002	92.3			



Gaby Ruiz Petrozzi  
Ingeniero Civil C.  
C.R. 46912  
Responsable

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : Sr. Santiago Quezada O.

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

## **ANEXO C**

### **Resultados de las mezclas con concha pico de pato**



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

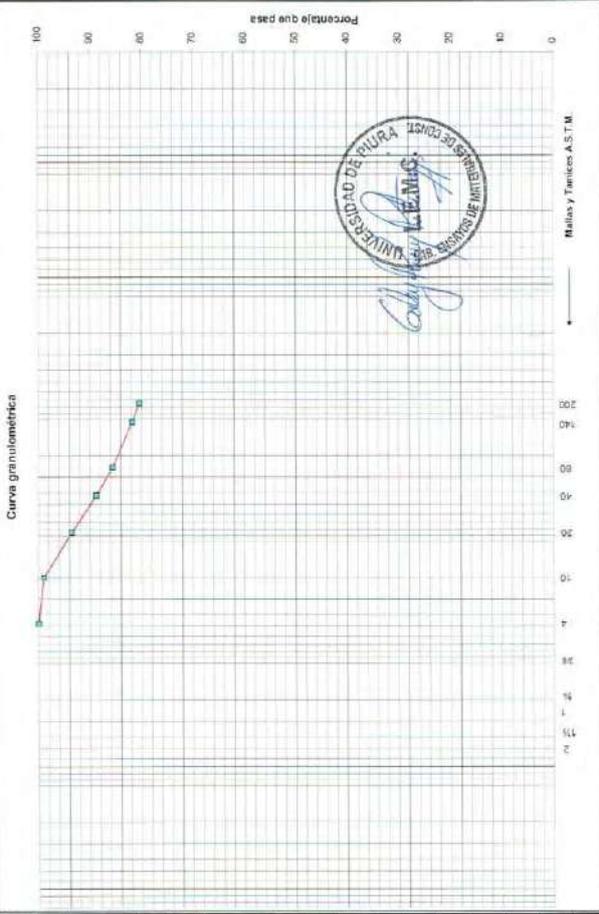
Norma: NTP 339.128 - 1999

EL SOLICITANTE DECLARA COMO VERDADERA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTIAGO QUEZADA OSORIO      Ubicación : Piura      Muestreo realizado por : El solicitante  
 Obra : Tesis. Estabilización de suelos con concha de pisco y concha de abanico  
 Procedencia : 80% de Rio Piura margen izquierdo + 20% de Concha Pisco de Pato

Orden de servicio N° : 19494  
 Informe N° : 164723  
 Fecha de ensayo : 25/08/2016  
 Realizó el ensayo : Tte. Francisco Castro C.

Abertura mm	Tamiz ASTM	Contenido (g)	Retenido parcial %	Retenido total %	Pasa %
76.2	3"				
50.8	2"				
38.1	1 1/2"				
25.4	1"				
19.1	3/4"				
9.5	3/8"				
4.76	4	0	0.00	0.00	100
2	10	5.0	1.00	1.00	99
0.85	20	20.90	5.40	6.40	94
0.425	40	23.90	4.79	11.19	89
0.25	60	16.00	3.21	14.40	86
0.106	140	18.90	3.79	18.19	82
0.074	200	7.00	1.40	19.59	80
	Fondo	400.50			
	Total	498.20			
	Peso Inicial	498.00			
	Pérdida	0.40			



Superviso el ensayo: Gabry Ruz Petrozzi      Ingeniero Civil      CIP 46912

Descripción de la muestra: Clasificación AASHTO (mezcla) A-5 (10)  
 Presenta 1% de grava(conchitas) 10% de arena gruesa, 9% de arena fina, 80% de finos plásticos LL=35 IP=13  
 Clasificación USCS: Arcilla de baja plasticidad con arena (CL)

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC- UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC- UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interrelación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS					
UBICACION					
CALICATA					
MUESTRA 80% suelo del río Piura margen izquierdo + 20% concha Pico Pato					
PROFUNDIDAD					
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS (NTP 339.129)					
Nº	MUESTRA	1	2	3	
1	Tara Nº	108	Z-10	A-48	
2	Peso de la Tara grs.	13.32	12.87	13.25	
3	Peso Suelo Húmeso + Tara grs.	21.45	21.68	21.42	
4	Peso Suelo Seco + Tara grs.	19.29	19.51	19.14	
5	Peso del Agua (3) - (4) grs.	2.16	2.17	2.28	
6	Peso Suelo Seco (4) - (2) grs.	5.97	6.64	5.89	
7	Humedad (5) / (6) x 100 %.	36.2	32.6	38.7	
8	Nº. De Golpes	34	24	14	
<					
DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (NTP 339.129)					
Nº	MUESTRA	1	2	3	4
1	Tara Nº	Q-102	T-44		
2	Peso de la Tara grs.	12.40	12.90		
3	Peso Suelo Húmeso + Tara grs.	13.67	13.18		
4	Peso Suelo Seco + Tara grs.	13.43	13.13		
5	Peso del Agua (3) - (4) grs.	0.24	0.05		
6	Peso Suelo Seco (4) - (2) grs.	1.03	0.23		
7	Humedad (5) / (6) x 100 %.	23.1	21.7		
Promedio de Límite Plástico :		22			
		RESULTADOS:			
		L.L. :	36		
		L.P. :	22		
		I.P. :	14		
Observacion:					
Ensayo efectuado al material en estado natural.					



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PRUEBA DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO  
Norma: NTP 339.141 1999

Orden de servicio : 19494 Fecha de recepción : 06/08/2016  
Informe N° : 164725 Fecha de ensayo : 23/08/2016  
Clasificación AASTHO : A-6 (10) Fecha de emisión : 27/10/2016

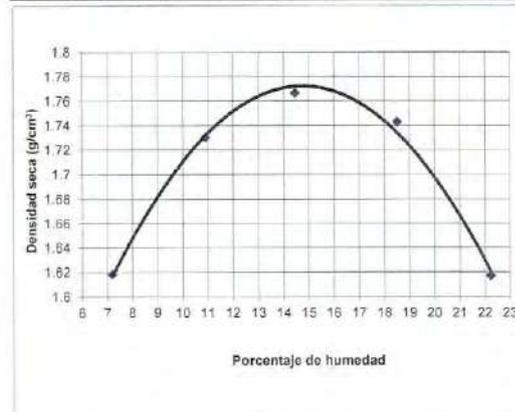
EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTIAGO QUEZADA OSORIA  
Obra : Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico  
Ubicación : Piura  
Muestreo realizado por : El solicitante  
Procedencia : 80% de suelo de Rio Piura margen izquierda+20% de conchas de Pico Pato

CONDICIONES DEL ENSAYO:

Procedimiento utilizado:	A	Método de preparación:	Húmedo
Molde N°:	2	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ):	944
Peso del molde (g):	4479	Altura de caída (pulg.):	18
N° de capas:	5	N° de golpes por capa:	25
Peso del martillo (lb):	10		

Punto N°	I	II	III	IV	V
Peso de molde + suelo húmedo (g)	6117	6291	6388	6429	6345
Cápsula para humedad N°	I	II	III	IV	V
Peso de cápsula (g)	200.4	167.1	174	164.6	184.5
Peso de cápsula + suelo húmedo (g)	856.6	941.3	945.2	935.3	1042.3
Peso de cápsula + suelo seco (g)	812.5	865.1	847.8	814.9	886.3
Porcentaje de humedad	7.20	10.92	14.46	18.51	22.23
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.62	1.73	1.77	1.74	1.62



Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.78

Humedad óptima (%) : 15.0

Gaby Ruiz Felizola  
Ingeniero Civil  
CIP 48692  
Responsable del Laboratorio de Materiales de Construcción

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : Sr. Santiago Quezada O.

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RAZÓN SOPORTE DE CALIFORNIA  
DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO  
Norma: NTP 338.145 1999

Orden de servicio N° : 19494  
Informe N° : 164726

Hoja 1 de 2

Clasificación AASTHO : A-6 (10)  
Fecha de ensayo : 27/08/2016  
Fecha de emisión : 27/10/2016

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: SANTIAGO QUEZADA OSORIA
Obra	: Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Procedencia	: 80% de suelo de Rio Piura margen izquierda+20% de conchas de Pico Pato

Condiciones iniciales del ensayo:

Especimen	# 1	# 2	# 3
Método de preparación y compactación	Húmedo		
Condición al momento de ensayarlos	Remojados 4 días		
% de humedad de compactación	14.7	14.7	14.7
Densidad seca antes de sumergirlos en agua	1.56	1.70	1.81
Compactación en golpes por capa	10	25	56

RESULTADOS

Especimen	# 1	# 2	# 3
% de expansión con respecto a su altura inicial	3.70	4.25	4.93
C.B.R. corregido a 0.1" de penetración	1	2	3
C.B.R. corregido a 0.2" de penetración	2	3	5
Cantidad de sobrecarga	10 lb	10 lb	10 lb

Observaciones:

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : Sr. Santiago Quezada O.

Gaby Rúa Pattozzi  
Ingeniero Civil  
CIP 45842  
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP esta exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RAZÓN SOPORTE DE CALIFORNIA  
DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO  
Norma: NTP 339.145 1999

Orden de servicio N° : 19494  
Informe N° : 164726

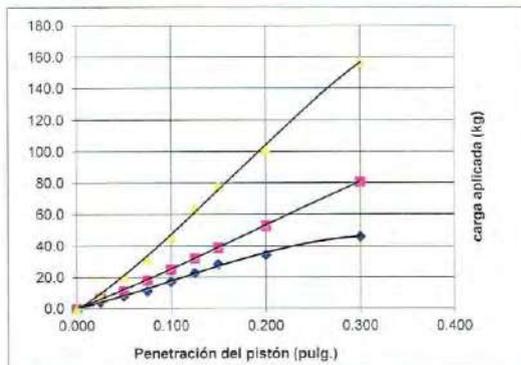
Hoja 2 de 2

Clasificación AASTHO : A-6 (10)  
Fecha de ensayo : 27/08/2016  
Fecha de emisión : 27/10/2016

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTIAGO QUEZADA OSORIA  
Obra : Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico  
Ubicación : Piura  
Muestreo realizado por : El solicitante  
Procedencia : 80% de suelo de Río Piura margen izquierda+20% de conchas de Pico Pato

Penetración pulgadas	Especimen # 1			Especimen # 2			Especimen # 3		
	lect. dial pulg.	carga kg	C.B.R. %	lect. dial pulg.	carga kg	C.B.R. %	lect. dial pulg.	carga kg	C.B.R. %
0.000	0.0000	0.0		0.0000	0.0		0.0000	0.0	
0.025	0.0001	4.6		0.0002	6.9		0.0002	9.2	
0.050	0.0002	8.3		0.0003	11.5		0.0005	20.8	
0.075	0.0003	11.5		0.0004	18.5		0.0007	32.3	
0.100	0.0004	17.5	17.5	0.0006	25.4	25.4	0.0010	46.2	46.2
0.125	0.0005	23.1		0.0007	32.3		0.0014	63.7	
0.150	0.0006	28.6		0.0009	39.2		0.0017	78.5	
0.200	0.0008	34.6	34.6	0.0012	53.1	53.1	0.0022	101.5	101.5
0.300	0.0010	46.2	46.2	0.0018	80.8		0.0034	156.9	



Gaby Ruz Petrozzi  
Ingeniero Civil  
CIP 46912  
Responsable

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : Sr. Santiago Quezada O.

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**  
Norma: NTP 339.128 1999

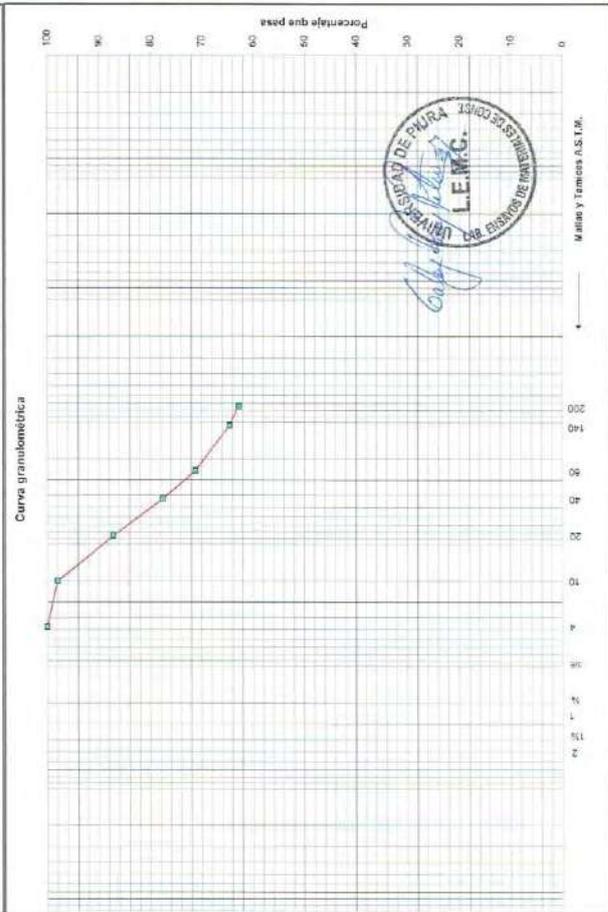
EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTIAGO QUEZADA OSORIO Ubicación : Piura  
Obra : Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico  
Procedencia : 60% de Rio Piura margen izquierda, 40% de Concha Frio de Palo

Muestreo realizado por : El solicitante

Orden de servicio N° 18494  
Informe N° 184727  
Fecha de ensayo 02/10/2016  
Realizó el ensayo Téc. Francisco Castro G.

Abertura mm	Tamiz ASTM	Contenido (g)	Retenido parcial %	Retenido total %	Pasa total %
76.2	3"				
50.8	2"				
38.1	1 1/2"				
25.4	1"				
19.1	3/4"				
9.5	3/8"				
4.75	4	0	0.00	0.00	100
2	10	10.0	1.99	1.99	98
0.85	20	54.30	10.81	12.80	87
0.425	40	48.20	9.59	22.39	78
0.25	60	32.20	6.41	28.80	71
0.106	140	33.20	6.61	35.41	65
0.074	200	9.00	1.79	37.20	63
	Fondo	315.20			
	Total	502.10			
	Peso inicial	502.40			
	Pérdida	0.30			



Supervisó el ensayo: Gaby Ruiz Pelizzari  
Ingeniero Civil  
CIP 46912

Descripción de la muestra: Clasificación AASHTO (mezcla): A-4 (5)

Presencia 2% de grava (conchas) 20% de arena gruesa, 15% de arena fina, 63% de lino plástico LL=32 (P=1)

Clasificación: SUCS, según de tipo asociada arena, CU.

EL LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes deben constatar que la responsabilidad del LEMC-UISEP se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UISEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS																
UBICACION																
CALICATA																
MUESTRA 60% suelo del río Piura margen izquierdo + 40% concha Pico Pato																
PROFUNDIDAD																
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS (NTP 339.129)																
Nº	MUESTRA	1	2	3												
1	Tara Nº	108	Z-10	A-48												
2	Peso de la Tara grs.	12.75	12.90	12.69												
3	Peso Suelo Húmeso + Tara grs.	21.49	21.75	21.42												
4	Peso Suelo Seco + Tara grs.	19.29	19.51	19.14												
5	Peso del Agua (3) - (4) grs.	2.20	2.24	2.28												
6	Peso Suelo Seco (4) - (2) grs.	6.54	6.61	6.45												
7	Humedad (5) / (6) x 100 %.	33.6	33.8	35.3												
8	Nº. De Golpes	34	24	14												
<																
DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (NTP 339.129)																
Nº	MUESTRA	1	2	3	4											
1	Tara Nº	Q-102	T-44													
2	Peso de la Tara grs.	12.29	12.91													
3	Peso Suelo Húmeso + Tara grs.	13.67	13.18													
4	Peso Suelo Seco + Tara grs.	13.43	13.13													
5	Peso del Agua (3) - (4) grs.	0.24	0.05													
6	Peso Suelo Seco (4) - (2) grs.	1.14	0.22													
7	Humedad (5) / (6) x 100 %.	20.8	22.7													
Promedio de Límite Plástico :		22														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">RESULTADOS:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L.L. :</td> <td></td> <td style="color: red;">34</td> </tr> <tr> <td>L.P. :</td> <td></td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>I.P. :</td> <td></td> <td>12</td> </tr> </tbody> </table>					RESULTADOS:			L.L. :		34	L.P. :		22	I.P. :		12
RESULTADOS:																
L.L. :		34														
L.P. :		22														
I.P. :		12														
Observacion:																
Ensayo efectuado al material en estado natural.																



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PRUEBA DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO  
Norma: NTP 339.141 1999

Orden de servicio : 19494 Fecha de recepción : 05/08/2016  
Informe N° : 184729 Fecha de ensayo : 29/08/2016  
Clasificación AASTHO : A-6 (5) Fecha de emisión : 27/10/2016

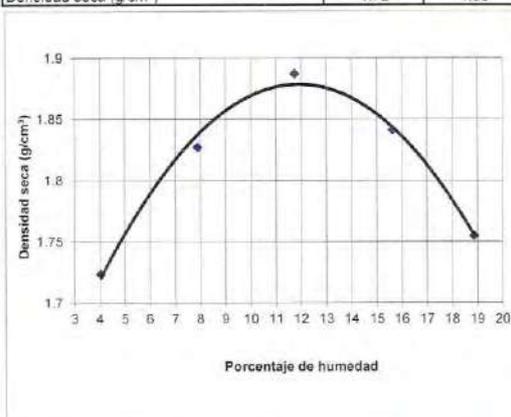
EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTIAGO QUEZADA OSORIA  
Obra : Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico  
Ubicación : Piura  
Muestreo realizado por : El solicitante  
Procedencia : 80% de suelo de Río Piura margen izquierda+40% de conchas de Pico Pato

CONDICIONES DEL ENSAYO:

Procedimiento utilizado: A Método de preparación: Húmedo  
Molde N°: 2 Volumen del molde (cm<sup>3</sup>): 944  
Peso del molde (g): 4479 Altura de caída (pulg.): 18  
N° de capas: 5 N° de golpes por capa: 25  
Peso del martillo (lb): 10

Punto N°	I	II	III	IV	V
Peso de molde + suelo húmedo (g)	6172	6340	6470	6489	6448
Cápsula para humedad N°	I	II	III	IV	V
Peso de cápsula (g)	169.2	171.2	128.5	179.1	204.5
Peso de cápsula + suelo húmedo (g)	838.6	879.6	777.4	902.3	1101
Peso de cápsula + suelo seco (g)	812.6	827.8	709.2	804.5	958.7
Porcentaje de humedad	4.04	7.89	11.74	15.64	18.87
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.72	1.83	1.89	1.84	1.75



Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.89  
Humedad óptima (%) : 12.0

Gaby Ruiz Petrozzi  
Ingeniero Civil  
CIP 26912  
Responsable de Materiales de Construcción

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : Sr. Santiago Quezada O.

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA RAZÓN SOPORTE DE CALIFORNIA  
DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO  
Norma: NTP 339.145 1999

Orden de servicio N° : 19494  
Informe N° : 164730

Hoja 1 de 2

Clasificación AASTHO : A-6 (5)  
Fecha de ensayo : 30/08/2016  
Fecha de emisión : 27/10/2016

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: SANTIAGO QUEZADA OSORIA
Obra	: Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Procedencia	: 60% de suelo de Río Piura margen izquierda+40% de conchas de Pico Pato

Condiciones iniciales del ensayo:

Especimen	# 1	# 2	# 3
Método de preparación y compactación	Húmedo		
Condición al momento de ensayarlos	Remojados 4 días		
% de humedad de compactación	12.2	12.2	12.2
Densidad seca antes de sumergirlos en agua	1.64	1.79	1.90
Compactación en golpes por capa	10	25	56

RESULTADOS

Especimen	# 1	# 2	# 3
% de expansión con respecto a su altura inicial	3.28	3.83	4.60
C.B.R. corregido a 0.1" de penetración	3	4	5
C.B.R. corregido a 0.2" de penetración	3	7	9
Cantidad de sobrecarga	10 lb	10 lb	10 lb

Observaciones:

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : Sr. Santiago Quezada O.

*Gaby Ruiz Petrozzi*  
Gaby Ruiz Petrozzi  
Ingeniero Civil  
CIP 46912  
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RAZON SOPORTE DE CALIFORNIA  
DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO  
Norma: NTP 339.145 1999

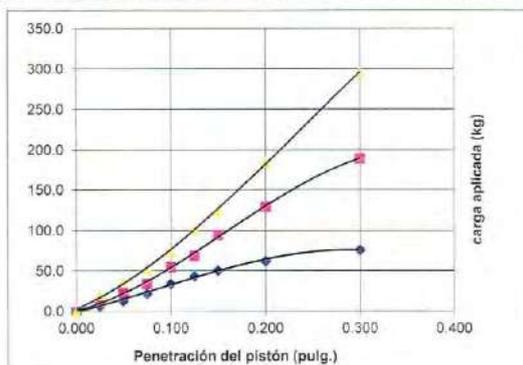
Orden de servicio N° : 19494  
Informe N° : 164730  
Clasificación AASTHO : A-6 (5)  
Fecha de ensayo : 30/09/2016  
Fecha de emisión : 27/10/2016

Hoja 2 de 2

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTIAGO QUEZADA OSORIA  
Obra : Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico  
Ubicación : Piura  
Muestreo realizado por : El solicitante  
Procedencia : 60% de suelo de Rio Piura margen izquierda+40% de conchas de Pico Pato

Penetración pulgadas	Especimen # 1 sin corregir		Molde #X1-10golp. corregido			Especimen # 2 sin corregir		Molde #X2-25golp. corregido			Especimen # 3 sin corregir		Molde #X3-56golp. corregido		
	lect. dial pulg.	carga kg	carga kg	C.B.R. %		lect. dial pulg.	carga kg	carga kg	C.B.R. %		lect. dial pulg.	carga kg	carga kg	C.B.R. %	
0.000	0.0000	0.0				0.0000	0.0				0.0000	0.0			
0.025	0.0002	6.9				0.0003	11.5				0.0005	20.8			
0.050	0.0003	12.9				0.0005	23.1				0.0008	36.9			
0.075	0.0005	22.2				0.0008	34.6				0.0012	53.1			
0.100	0.0008	34.6	34.6	3		0.0012	55.4	57.7	4		0.0016	73.8	64.6	6	
0.125	0.0010	43.8				0.0015	69.2				0.0022	101.5			
0.150	0.0011	50.8				0.0021	94.6				0.0027	124.6			
0.200	0.0014	62.3	62.3	3		0.0028	129.2	133.8	7		0.0040	184.6	184.6	9	
0.300	0.0017	76.1				0.0041	189.2				0.0064	295.4			



Gaby Ruiz Perdomo  
Ingeniero Civil  
CIP 48912  
Responsable

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : Sr. Santiago Quezada O.

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**  
Norma: NTP 339.128 - 1989

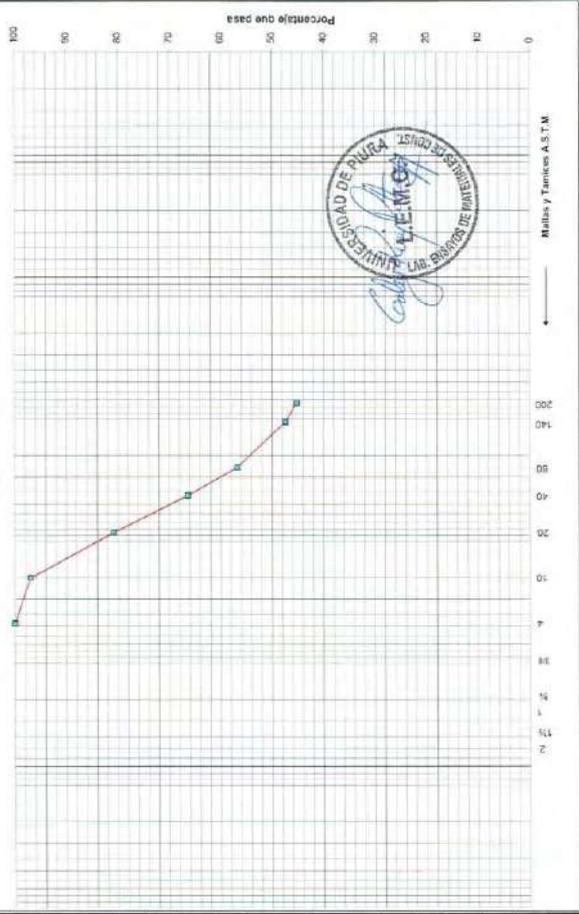
EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIENTÍFICA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTIAGO QUEZADA OSORIO      Ubicación : Piura      Muestreo realizado por : El solicitante  
Obra : Tests. Estabilización de suelos con concha de pisco y concha de alabanco  
Procedencia : 40% de Rio Piura margen izquierda - 60% de Concha Pico de Fato

Orden de servicio N° : 19494  
Informe N° : 194731  
Fecha de ensayo : 24/10/2016  
Realizó el ensayo : Tec. Francisco Castro C.

Abertura mm	Tamiz ASTM	Contenido (g)	Retenido parcial %	Retenido total %	Pasa %
76.2	3"				
50.8	2"				
38.1	1 1/2"				
25.4	1"				
19.1	3/4"				
9.5	3/8"				
4.76	4	0	0.00	0.00	100
2	10	14.9	2.99	2.99	97
0.85	20	80.60	16.20	19.19	81
0.425	40	71.70	14.41	33.60	66
0.25	60	47.60	9.61	43.21	57
0.106	140	46.80	9.41	52.61	47
0.074	200	10.90	2.19	54.80	45
	Fondo	224.60			
	Total	497.30			
	Peso Inicial	497.60			
	Pérdida	0.30			

Curva granulométrica



Supervisó el ensayo : Guty Ruz Petrozzi      Descripción de la muestra: Clasificación AASHI(O)(mezcla) - A-4 (1)  
Ingeniero Civil      Presenta 3% de grava(conchitas) 31% de arena gruesa, 21% de arena fina - 45% de finos plásticos, LL=29 IP=6  
CIP 46912      Clasificación SUCS: arena arcillosa (SC)

EL LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC- UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. EL LEMC- UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
**LIMITES LIQUIDO - PLÁSTICO - ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**  
 Norma: NTP 339.129 1999

Orden de servicio N° : 14494  
 Informe N° : 164740

Fecha de recepción : 04/10/2016  
 Fecha de ensayo : 25/10/2016  
 Fecha de emisión : 27/10/2016

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: SANTIAGO QUEZADA OSORIA
Obra	: Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Procedencia	: 40% de Rio Piura margen izquierda. +60% de Concha de Pico de Pato

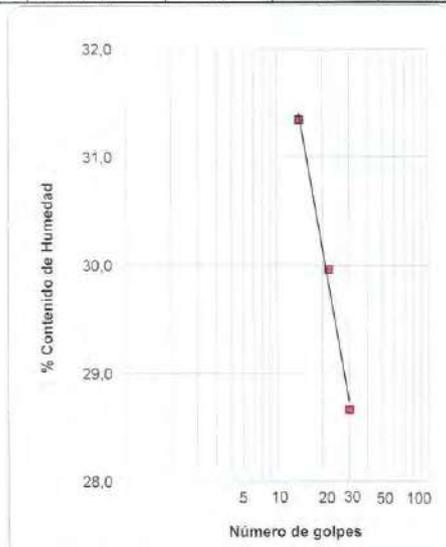
**RESULTADOS:**

**LÍMITE LIQUIDO**

Peso húmedo	27.83	25.94	25.35
Peso seco	21.63	19.96	19.30
Peso de agua	6.20	5.98	6.05
Porcentaje de humedad	28.7	30.0	31.3
Número de golpes	30	22	14

**LÍMITE PLÁSTICO**

Peso húmedo	12.35	13.09	10.04
Peso seco	10.29	10.86	8.40
Peso de agua	2.06	2.23	1.64
Porcentaje de humedad	20.0	20.5	19.5



**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

(Fracción que pasa tamiz N° 40)  
 Limo  
 Mezcla.

Clasificación: AASTHO: A-4  
 Clasificación: SUCS: CL

LÍMITE LIQUIDO L. L. : 29  
 LÍMITE PLÁSTICO L. P. : 20  
 ÍNDICE PLÁSTICO I. P. : 9

Realizó el ensayo: Téc. Francisco Castro

*Francisco Castro*  
 UNIVERSIDAD DE PIURA  
 CIP. 46002 DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
 Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PRUEBA DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO  
Norma: NTP 339.141 1999

Orden de servicio : 19494 Fecha de recepción : 05/08/2016  
Informe N° : 184733 Fecha de ensayo : 06/09/2016  
Clasificación AASTHO : A-4 (1) Fecha de emisión :

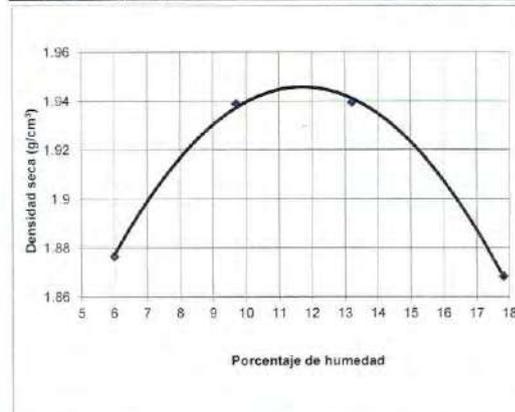
EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTIAGO QUEZADA OSORIA  
Obra : Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico  
Ubicación : Piura  
Muestreo realizado por : El solicitante  
Procedencia : 20% de suelo de Río Piura margen izquierda+80% de conchas de Pico Pato

CONDICIONES DEL ENSAYO:

Procedimiento utilizado:	A	Método de preparación:	Húmedo
Molde N°:	2	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ):	944
Peso del molde (g):	4478	Altura de caída (pulg.):	18
N° de capas:	5	N° de golpes por capa:	25
Peso del martillo (lb):	10		

Punto N°	I	II	III	IV	V
Peso de molde + suelo húmedo (g)	6357	6487	6552	6557	
Cápsula para humedad N°	II	III	IV	IV	
Peso de cápsula (g)	186.4	167	169.9	169.9	
Peso de cápsula + suelo húmedo (g)	1155.5	1162	1111.2	1112.8	
Peso de cápsula + suelo seco (g)	1100.8	1074	1001.3	970.2	
Porcentaje de humedad	6.01	9.70	13.22	17.82	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.88	1.94	1.94	1.87	



Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.94  
Humedad óptima (%) : 11.8

UNIVERSIDAD DE PIURA  
Gaby Ruiz Petrozzi  
Ingeniero Civil  
CIP 46942  
Responsable

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : Sr. Santiago Quezada O.

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RAZÓN SOPORTE DE CALIFORNIA  
DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO  
Norma: NTP 339.145 1999

Orden de servicio N° : 19494  
Informe N° : 164734

Hoja 1 de 2

Clasificación AASTHO : A-4 (1)  
Fecha de ensayo : 03/09/2016  
Fecha de emisión : 27/10/2016

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: SANTIAGO QUEZADA OSORIA
Obra	: Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Procedencia	: 40% de suelo de Rio Piura margen izquierda+60% de conchas de Pico Pato

Condiciones iniciales del ensayo:

Especimen	# 1	# 2	# 3
Método de preparación y compactación	Húmedo		
Condición al momento de ensayarlos	Remojados 4 días		
% de humedad de compactación	12.1	12.1	12.1
Densidad seca antes de sumergirlos en agua	1.72	1.84	1.95
Compactación en golpes por capa	10	25	56

RESULTADOS

Especimen	# 1	# 2	# 3
% de expansión con respecto a su altura inicial	3.02	3.42	1.88
C.B.R. corregido a 0.1" de penetración	5	10	15
C.B.R. corregido a 0.2" de penetración	5	16	23
Cantidad de sobrecarga	10 lb	10 lb	10 lb

Observaciones:

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : Sr. Santiago Quezada O.

  
Gabo Ruiz Petrozay  
Ingeniero Civil  
CIP 46848  
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RAZÓN SOPORTE DE CALIFORNIA  
DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO  
Norma: NTP 339.145 1999

Orden de servicio N° : 19494  
Informe N° : 164734

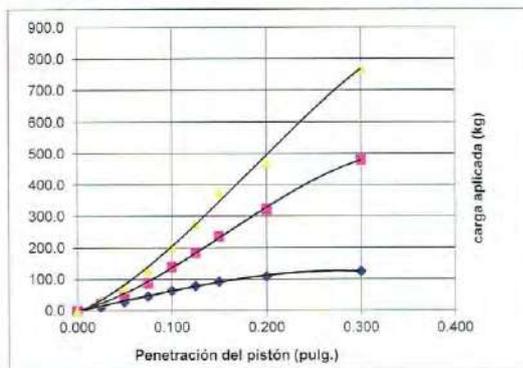
Hoja 2 de 2

Clasificación AASTHO : A-4 (1)  
Fecha de ensayo : 03/09/2016  
Fecha de emisión : 27/10/2016

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTIAGO QUEZADA OSORIA  
Obra : Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico  
Ubicación : Piura  
Muestreo realizado por : El solicitante  
Procedencia : 40% de suelo de Rio Piura margen izquierda+60% de conchas de Pico Pato

Penetración pulgadas	Especimen # 1		Especimen # 2				Especimen # 3		Especimen # 4			
	lect. dial pulg.	carga kg	Molde #X1-10golg. carga kg	C.B.R. %	lect. dial pulg.	carga kg	Molde #X2-25golg. carga kg	C.B.R. %	lect. dial pulg.	carga kg	Molde #X3-56golg. carga kg	C.B.R. %
0.000	0.0000	0.0			0.0000	0.0			0.0000	0.0		
0.025	0.0003	11.5			0.0005	23.1			0.0007	32.3		
0.050	0.0006	27.7			0.0011	50.8			0.0016	73.8		
0.075	0.0010	46.2			0.0019	87.7			0.0028	129.2		
0.100	0.0014	63.7	63.7	5	0.0030	138.5	138.5	10	0.0044	203.1	203.1	15
0.125	0.0017	78.5			0.0040	184.6			0.0060	276.9		
0.150	0.0020	92.3			0.0051	235.4			0.0082	378.4		
0.200	0.0024	108.5	108.5	5	0.0070	323.1	323.1	16	0.0102	470.7	470.7	23
0.300	0.0027	124.6			0.0104	480.0			0.0167	770.7		



*Gaby Ruiz*  
Gaby Ruiz  
Ingeniero Civil  
CIP 46912  
Responsable

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : Sr. Santiago Quezada O.

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

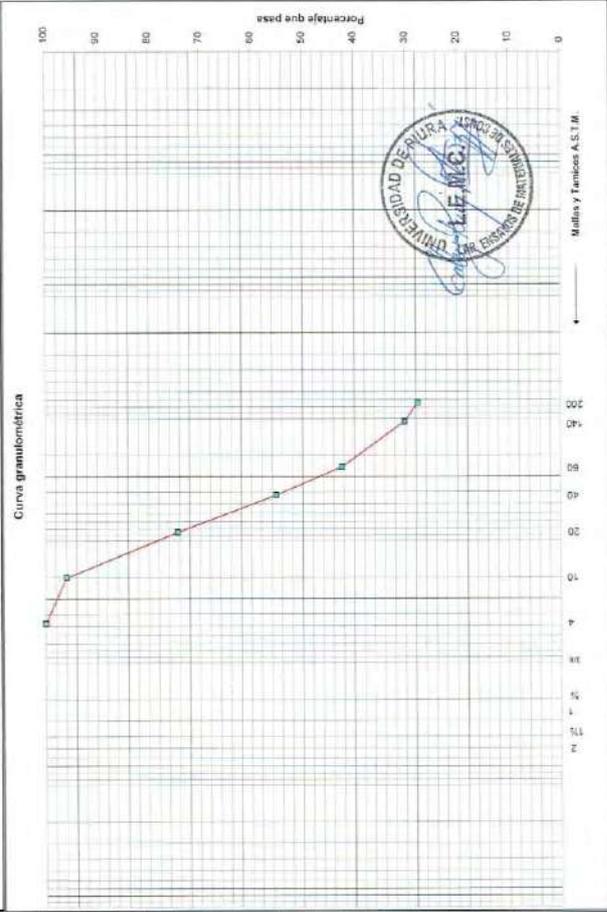
Norma: NIP 339.128 1999

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CERTALIA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTIAGO QUEZADA OSORIO Ubicación : Piura  
 Obra : Teles. Estabilización de suelos con concha de pica de palo y concha de abanico  
 Procedencia : 20% de Rio Piura margen izquierda, 188% de Concha Pico de Palo

Muestreo realizado por : El solicitante

Abertura mm	Tamiz ASTM	Contenido (g)	Retenido parcial %	Retenido total %	Pasa %
75.2	3 "				
50.8	2 "				
38.1	1 1/2 "				
25.4	1 "				
19.1	3/4 "				
9.5	3/8 "				
4.75	4	0	0.00	0.00	100
2	10	21.1	4.01	4.01	96
0.85	20	113.80	21.60	25.61	74
0.425	40	101.10	19.19	44.80	55
0.25	60	67.40	12.79	57.59	42
0.106	140	64.30	12.21	69.80	30
0.074	200	13.70	2.60	72.40	28
	Fondo	145.00			
	Total	526.40			
	Peso inicial	526.80			
	Pérdida	0.40			



Descripción de la muestra: Clasificación AASHTO (método): A-2-4 (0)  
 Presenta 4% de grava (conchas) 41% de arena gruesa, 27% de arena fina 28% de finos pélticos. L=21 IP=2  
 Clasificación: Arena Media (SM)

Superviso el ensayo: Gaby Ruiz Petrozzi  
 Ingeniero Civil  
 CIP 48912

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo según los datos proporcionados por el cliente. Con la suscripción de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-JUDEP se restringe únicamente al cumplimiento de ejecución y al resultado del mismo en el momento de la inspección y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
**LÍMITES LÍQUIDO - PLÁSTICO - ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**  
 Norma: NTP 339.129 1999

Orden de servicio N° : 14494  
 Informe N° : 164744  
 Fecha de recepción : 04/10/2016  
 Fecha de ensayo : 25/10/2016  
 Fecha de emisión : 27/10/2016

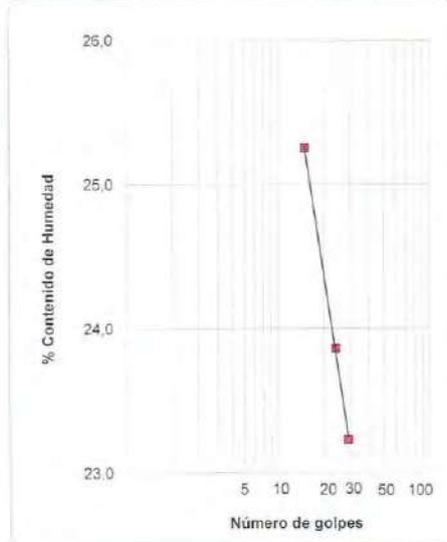
EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: SANTIAGO QUEZADA OSORIA
Obra	: Tesis: Estabilización de suelos con concha de pisco de pato y concha de abarico
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Procedencia	: 20% de Río Piura margen izquierda. +80% de Concha de Pisco de Pato

**RESULTADOS:**

LÍMITE LÍQUIDO			
Peso húmedo	23.71	26.21	23.26
Peso seco	19.24	21.16	18.57
Peso de agua	4.47	5.05	4.69
Porcentaje de humedad	23.2	23.9	25.3
Número de golpes	29	24	15

LÍMITE PLÁSTICO			
Peso húmedo	6.78	10.33	8.56
Peso seco	5.59	8.51	6.43
Peso de agua	1.19	1.82	1.13
Porcentaje de humedad	21.3	21.4	20.8



**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**  
 (Fracción que pasa tamiz N° 40)  
 Limo.  
 Mezcla.

Clasificación: AASTHO: A-4  
 Clasificación: SUCS: ML

LÍMITE LÍQUIDO L. L.	24
LÍMITE PLÁSTICO L. P.	21
ÍNDICE PLÁSTICO I. P.	3

Realizó el ensayo: Téc. Francisco Castro

*Gaby Ruiz Castro*  
 Gaby Ruiz Castro  
 Ingeniero Civil  
 CIP/468  
 Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PRUEBA DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO  
Norma: NTP 339.141 1999

Orden de servicio : 19494 Fecha de recepción : 05/08/2016  
Informe N° : 164737 Fecha de ensayo : 06/09/2016  
Clasificación AASTHO : A-2-4 (0) Fecha de emisión : 27/10/2016

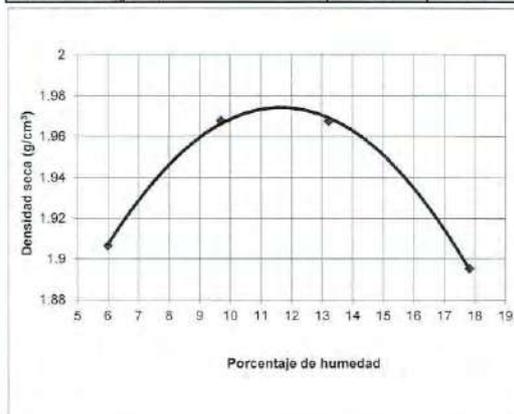
EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTIAGO QUEZADA OSORIA  
Obra : Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico  
Ubicación : Piura  
Muestreo realizado por : El solicitante  
Procedencia : 20% de suelo de Rio Piura margen izquierda+80% de conchas de Pico Pato

CONDICIONES DEL ENSAYO:

Procedimiento utilizado: A Método de preparación: Húmedo  
Molde N°: 2 Volumen del molde (cm<sup>3</sup>): 944  
Peso del molde (g): 4479 Altura de caída (pulg.): 18  
N° de capas: 5 N° de golpes por capa: 25  
Peso del martillo (lb): 10

Punto N°	I	II	III	IV	V
Peso de molde + suelo húmedo (g)	6387	6517	6582	6587	
Cápsula para humedad N°	II	III	IV	IV	
Peso de cápsula (g)	186.4	167	169.9	169.9	
Peso de cápsula + suelo húmedo (g)	1155.5	1162	1111.2	1112.8	
Peso de cápsula + suelo seco (g)	1100.6	1074	1001.3	970.2	
Porcentaje de humedad	6.01	9.70	13.22	17.82	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.91	1.97	1.97	1.90	



Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) 1.97

Humedad óptima (%) 11.3

*Gaby Ruiz Pereda*  
UNIVERSIDAD DE PIURA  
Gaby Ruiz Pereda  
Ingeniero Civil  
CIR 46912  
Responsable

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : ---

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RAZÓN SOPORTE DE CALIFORNIA  
DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO  
Norma: NTP 339.145 1999

Orden de servicio N° : 19494  
Informe N° : 164738  
Clasificación AASTHO : A-2-4 (0)  
Fecha de ensayo : 12/09/2016  
Fecha de emisión : 27/10/2016

Hoja 1 de 2

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: SANTIAGO QUEZADA OSORIA
Obra	: Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Procedencia	: 20% de suelo de Río Piura margen izquierda+80% de conchas de Pico Pato

Condiciones iniciales del ensayo:

Especimen	# 1	# 2	# 3
Método de preparación y compactación	Húmedo		
Condición al momento de ensayarlos	Remojados 4 días		
% de humedad de compactación	11.3	11.3	11.3
Densidad seca antes de sumergirlos en agua	1.82	1.92	1.98
Compactación en golpes por capa	10	25	56

RESULTADOS

Especimen	# 1	# 2	# 3
% de expansión con respecto a su altura inicial	0.44	0.39	0.24
C.B.R. corregido a 0.1" de penetración	8	13	25
C.B.R. corregido a 0.2" de penetración	13	20	37
Cantidad de sobrecarga	10 lb	10 lb	10 lb

Observaciones:

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : Sr. Santiago Quezada O.

  
Gaby Ruiz Petrozzi  
Ingeniero Civil  
CIP 48912  
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RAZÓN SOPORTE DE CALIFORNIA  
DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO  
Norma: NTP 339.145 1999

Orden de servicio N° : 19494  
Informe N° : 164738

Hoja 2 de 2

Clasificación AASTHO : A-2-4 (0)  
Fecha de ensayo : 12/09/2016  
Fecha de emisión : 27/10/2016

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: SANTIAGO QUEZADA OSORIA
Obra	: Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Procedencia	: 20% de suelo de Río Piura margen izquierda+80% de conchas de Pico Pato

Penetración pulgadas	Especimen # 1		Molde #X1-10golp.			Especimen # 2		Molde #X2-25golp.		Especimen # 3		Molde #X3-56golp		
	lect.dial	carga	carga	C.B.R.	%	lect.dial	carga	carga	C.B.R.	lect.dial	carga	carga	C.B.R.	
0.000	0.0000	0.0				0.0000	0.0			0.0000	0.0			
0.025	0.0005	23.1				0.0007	32.3			0.0010	46.2			
0.050	0.0012	55.4				0.0016	73.8			0.0023	106.1			
0.075	0.0017	78.5				0.0028	129.2			0.0049	226.1			
0.100	0.0023	106.1	106.1	8		0.0040	184.6	175.4	13	0.0074	341.5	341.5	25	
0.125	0.0032	147.7				0.0055	253.8			0.0104	480.0			
0.150	0.0043	198.4				0.0072	332.3			0.0127	586.1			
0.200	0.0066	304.6	258.4	13		0.0102	470.7	401.5	20	0.0168	775.3	747.6	37	
0.300	0.0089	410.7				0.0167	770.7			0.0241	1112.2			



*Gaby Ruiz Petros*  
Gaby Ruiz Petros  
Ingeniero Civil  
CIP 48842  
Responsable

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : Sr. Santiago Quezada O.

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



## **ANEXO D**

### **Resultados de las mezclas con concha de abanico**

Proyecto	Tesis					
Solicitante	Santiago Quezada Osoria					
Ubicación	Plura - Plura - Perú					
<b>METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETICO</b> (NTP 339.128)						
Material	20% concha de abanico + 80% arcilla de baja plasticidad					
	Fecha Recepcion :			Fecha ensayo :		
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO RETENIDO (%)    QUE PASA (%)		Especificación EG-2013 Gradacion B  DESCRIPCION DE LA MUESTRA PESO INICIAL (gr)    510.00 PORCION DE FINOS (gr)    510.00 % DE HUMEDAD TAMAÑO MAXIMO % DE GRAVA    0.0 % DE ARENA    18.6 % PASANTE N° 200    81.4 L.L. L.P. I.P.    0 CLASIFIC. SUCS CLASIFIC. AASHTO D10    ---    C <sub>u</sub> - D30          C <sub>c</sub> - D60 OBSERVACIONES:
3"	75	0.0	0.0	0.0	100.0	100 - 100
2"	50	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.5	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.3	0.0	0.0	0.0	100.0	
4	4.75	0.0	0.0	0.0	100.0	
10	2.00	9.4	1.8	1.8	98.2	
20	0.850	27.5	5.4	7.2	92.8	40 - 75
40	0.425	19.0	3.7	11.0	89.0	
60	0.250	12.5	2.5	13.4	86.6	
140	0.106	18.2	3.6	17.0	83.0	
200	0.075	8.2	1.6	18.6	81.4	30 - 60
BADEJA		415.2	81.4	100.0		20 - 45
						15 - 30
						5...15

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Observacion:



**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
**LÍMITES LÍQUIDO - PLÁSTICO - ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**  
 Norma: NTP 339.129 1999

Orden de servicio N° : 14494  
 Informe N° : 164724  
 Fecha de recepción : 05/08/2016  
 Fecha de ensayo : 24/10/2016  
 Fecha de emisión : 27/10/2016

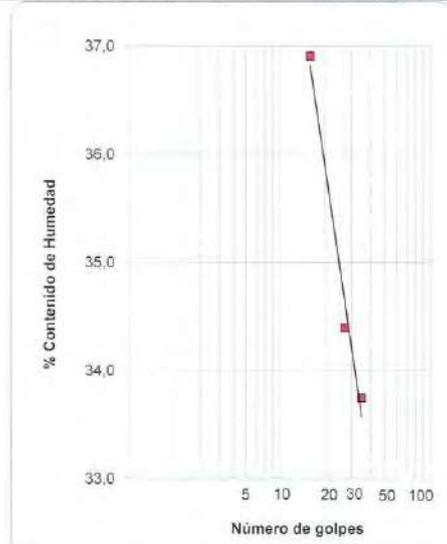
EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: SANTIAGO QUEZADA OSORIO
Obra	: Tesis: Estabilización de suelos con concha de pisco de pato y concha de abanico
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Procedencia	: 80% de Río Piura margen izquierda. +20% de Concha de abanico

**RESULTADOS:**

LÍMITE LÍQUIDO				
Peso húmedo	29,57	28,72	29,38	
Peso seco	22,11	21,37	21,46	
Peso de agua	7,46	7,35	7,92	
Porcentaje de humedad	33,7	34,4	36,9	
Número de golpes	35	27	16	

LÍMITE PLÁSTICO				
Peso húmedo	8,80	13,20	10,66	
Peso seco	7,23	10,84	8,76	
Peso de agua	1,57	2,36	1,90	
Porcentaje de humedad	21,7	21,8	21,7	



**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**  
 (Fracción que pasa tamiz N° 40)  
 Arcilla.  
 Mezcla.

Clasificación: AASTHO: A-6  
 Clasificación: SUCS: CL

LÍMITE LÍQUIDO L. L. : 35  
 LÍMITE PLÁSTICO L. P. : 22  
 ÍNDICE PLÁSTICO I. P. : 13

Realizó el ensayo: Téc. Francisco Castro

*Gaby Ruiz Petozzi*  
 Gaby Ruiz Petozzi  
 Ingeniero Civil  
 CIP 46912  
 Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2,700 KN - m/m3)										
(NTP 339.141)										
Ubicación	: Prov. Piura, Dpto. Piura									
Calicata	:									
Material	: 20% concha de abanico+ 80% arcilla de baja plasticidad									
Nº de capas	: 5	Altura de caída pisón:	45.8	cm	Peso de pisón (kg):	4.529	Molde:	"A"		
Energía de Compact. Modificada:	27.7		kg.cm / cm3		Número de golpes/capa:	25	Pisón Manual: "A"			
1	Peso molde + Suelo Húmedo	gr	6015	6210	6370	6360				
2	Peso de Molde	gr	4479	4479	4479	4479				
3	Peso suelo Húmedo Compactado	gr	1536	1731	1891	1881				
4	Volumen del Molde	cm³	944	944	944	944				
5	Densidad Suelo Húmedo	gr/cm³	1.627	1.834	2.003	1.993				
6	Resipiente N°		149	139	A-81	22	84	149	101	55
7	Peso del Suelo Húmedo + Tara	gr	856.6	856.6	941.4	941.4	915.0	915.0	943.0	943.0
8	Peso del Suelo Seco + Tara	gr	812.5	812.5	865.1	865.1	815.0	815.0	815.0	815.0
9	Peso del Agua	gr	44.1	44.1	76.3	76.3	100.0	100.0	128.0	128.0
10	Peso de Tara	gr	200.4	200.4	167.1	167.1	174.0	174.0	164.6	164.6
11	Peso de Suelo Seco	gr	612.1	612.1	698.0	698.0	641.0	641.0	650.4	650.4
12	Contenido de Humedad	%	7.2	7.2	10.9	10.9	15.6	15.6	19.7	19.7
13	Promedio de Humedad	%	7.2		10.9		15.6		19.7	
14	Densidad del Suelo Seco	gr/cm³	1.518		1.653		1.733		1.665	
15	Cantidad de Agua	cm³	300		360		420		480	

**Mezcla 5: 20% concha de abanico+ 80% arcilla de baja plasticidad**

Procedimiento utilizado : "C"  
 Método de Preparación utilizado : Húmedo  
 Máxima densidad seca : 105.69 lbf/ft³  
 1.693 gr/cm³  
 Óptimo contenido de humedad : 16.0%

**CARACTERÍSTICAS DEL ESPECIMEN**

Reten. Acumulada en las mallas	3/4"	0.0%
	3/8"	0.0%
	Nº 4:	0.0%
Pasa malla	Nº 200:	43.2%
<b>Peso Específico Relativo de Partículas</b>		
Sólidas	(NTP 339,131):	2.43
Límite Líquido	(NTP 339,129):	30.3
Índice de Plasticidad	(NTP 339,129):	10.3
Clasificación SUCS	(NTP 339,134):	CL
Clasificación AASTHO	(NTP 339,135):	A-6(2)

Observaciones: Muestra Natural, extraída de la excavación

Ing. Resp. : R.C.H.C  
 Técnico : P.T.S

Proyecto	Tesis									
Solicitante	Santiago Quezada Osoria									
Ubicación	Piura - Piura - Perú									
<b>METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETICO</b> (NTP 339.128)										
Material	40% concha de abanico + 60% arcilla de baja plasticidad									
	Fecha Recepcion :			Fecha ensayo :						
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO		Especificación EG-2013 Gradacion B	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
				RETENIDO (%)	QUE PASA (%)		PESO INICIAL (gr)	515.00		
							PORCION DE FINOS (gr)	515.00		
							% DE HUMEDAD			
3"	75	0.0	0.0	0.0	100.0	100 - 100	TAMAÑO MAXIMO			
2"	50	0.0	0.0	0.0	100.0		% DE GRAVA	0.0		
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	0.0	100.0		% DE ARENA	35.2		
1"	25.0	0.0	0.0	0.0	100.0		% PASANTE N° 200	64.8		
3/4"	19.0	0.0	0.0	0.0	100.0	75 - 95	L.L.			
1/2"	12.5	0.0	0.0	0.0	100.0		L.P.			
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100.0		I.P.	0		
1/4"	6.3	0.0	0.0	0.0	100.0		CLASIFIC. SUCS			
4	4.75	0.0	0.0	0.0	100.0	30 - 60	CLASIFIC. AASHTO			
10	2.00	18.5	3.6	3.6	96.4	20 - 45	D10	---	C <sub>u</sub>	-
20	0.850	55.5	10.8	14.4	85.6		D30		C <sub>c</sub>	-
40	0.425	39.5	7.7	22.0	78.0	15 - 30	D60			
60	0.250	24.5	4.8	26.8	73.2		OBSERVACIONES:			
140	0.106	32.0	6.2	33.0	67.0	5...15				
200	0.075	11.5	2.2	35.2	64.8					
BANDEJA		333.5	64.8	100.0						

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Observacion:



**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
**LÍMITES LÍQUIDO - PLÁSTICO - ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**  
 Norma: NTP 339.129 1999

Orden de servicio N° : 14494  
 Informe N° : 164728  
 Fecha de recepción : 05/08/2016  
 Fecha de ensayo : 25/10/2016  
 Fecha de emisión : 27/10/2016

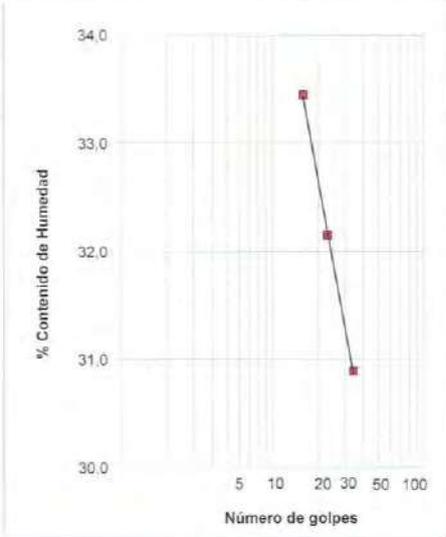
EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: SANTIAGO QUEZADA OSORIA
Obra	: Tesis: Estabilización de suelos con concha de pisco de pato y concha de abanico
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Procedencia	: 60% de Rio Piura margen izquierda +40% de Concha de abanico

**RESULTADOS:**

LÍMITE LÍQUIDO			
Peso húmedo	28.77	27.99	28.55
Peso seco	21.85	21.18	19.97
Peso de agua	6.79	6.81	6.66
Porcentaje de humedad	30.9	32.2	33.5
Número de golpes	34	23	16

LÍMITE PLÁSTICO			
Peso húmedo	10.26	9.02	8.73
Peso seco	8.45	7.41	7.20
Peso de agua	1.81	1.61	1.53
Porcentaje de humedad	21.4	21.7	21.3



**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**  
 (Fracción que pasa tamiz N° 40)  
 Arcilla,  
 Mezcla.

Clasificación: AASTHO: A-6  
 Clasificación: SUGS: CL

LÍMITE LÍQUIDO L. L. : 32  
 LÍMITE PLÁSTICO L. P. : 21  
 ÍNDICE PLÁSTICO I. P. : 11

Realizó el ensayo: Tec. Francisco Castro

*Francisco Castro*  
 Ingeniero Civil  
 CIP 46392  
 Responsable de MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.





UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

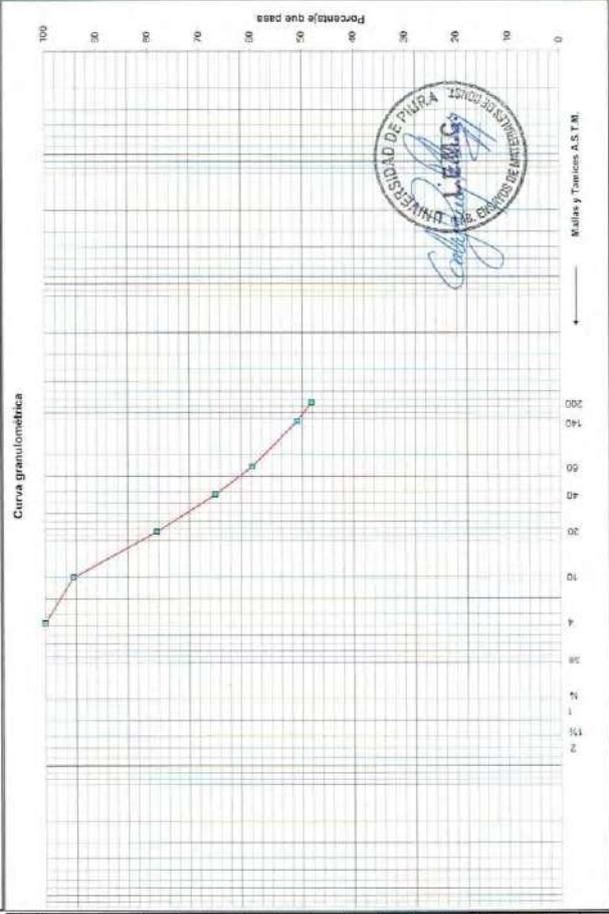
**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**  
Norma: NTP 339.128 - 1999

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CERRADA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTIAGO QUEZADA OSORIO      Ubicación : Piura      Muestreo realizado por : El solicitante  
Obra : Teste: Estabilización de suelos con concha de pico de palo y concha de abanico  
Procedencia : 40% de Rio Piura margen izquierda, 60% de Concha de Abanico

Orden de servicio N° : 19494  
Informe N° : 184738  
Fecha de ensayo : 24/10/2016  
Realizó el ensayo : Tc.: Francisco Castro C.

Abertura mm	Tamiz ASTM	Contenido (g)	Retenido parcial %	Retenido total %	Pasa %
76.2	3"				
50.8	2"				
38.1	1 1/2"				
25.4	1"				
19.1	3/4"				
9.5	3/8"				
4.76	4	0	0.00	0.00	100
2	10	27.7	5.40	5.40	95
0.85	20	83.10	16.21	21.61	78
0.425	40	58.50	11.41	33.01	67
0.25	60	36.90	7.20	40.21	60
0.106	140	45.10	8.79	49.01	51
0.074	200	14.40	2.81	51.81	48
	Fondo	246.50			
	Total	512.30			
	Peso Inicial	512.80			
	Pérdida	0.50			



Supervisó el ensayo: Gaby Ruiz Feltruzzi  
Ingeniero Civil  
CIP 46912

Descripción de la muestra: Clasificación AASHTO(Mazda), A-4 (2)  
Presenta 5% de grava(concha) 28% de arena gruesa, 19% de arena fina, 48% de finos plásticos, LL=29 IP=9  
Cualificada NUES: Araya, Arribas, GON.

EL LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC- UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del informe de ensayo. EL LEMC- UDEP, está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**  
**LIMITES LÍQUIDO - PLÁSTICO - ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**  
 Norma: NTP 339.129 1999

Orden de servicio N° : 14494  
 Informe N° : 164732  
 Fecha de recepción : 05/08/2016  
 Fecha de ensayo : 25/10/2016  
 Fecha de emisión : 27/10/2016

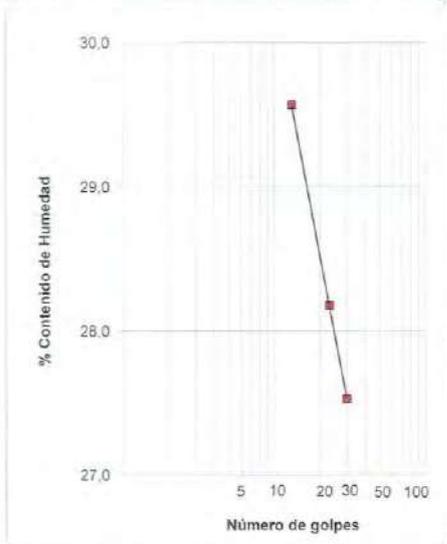
EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	SANTIAGO QUEZADA OSORIA
Obra	Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico
Ubicación	Piura
Muestreo realizado por	El solicitante
Procedencia	40% de Rio Piura margen izquierda, +60% de Concha de abanico

RESULTADOS:

LÍMITE LÍQUIDO			
Peso húmedo	25.48	28.11	27.85
Peso seco	19.98	21.93	21.34
Peso de agua	5.50	6.18	6.51
Porcentaje de humedad	27.5	28.2	29.6
Número de golpes	30	23	13

LÍMITE PLÁSTICO			
Peso húmedo	8.17	8.93	8.32
Peso seco	6.78	7.48	8.93
Peso de agua	1.39	1.47	1.39
Porcentaje de humedad	20.5	19.7	20.1



**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**  
 (Fracción que pasa tamiz N° 40)  
 Limo.  
 Mezcla.

Clasificación: AASTHO: A-4  
 Clasificación: SUCS: CL

LÍMITE LÍQUIDO L. L.	28
LÍMITE PLÁSTICO L. P.	20
ÍNDICE PLÁSTICO I. P.	8

Realizó el ensayo: Téc. Francisco Castro

*Gaby Ruiz*  
 Gaby Ruiz  
 Ingeniero Civil  
 CIP: 10012  
 Responsable de MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.





UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RAZÓN SOPORTE DE CALIFORNIA  
DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO  
Norma: NTP 339.145 1999

Orden de servicio N° : 19494  
Informe N° : 164742

Hoja 1 de 2

Clasificación AASTHO : A-4 (2)  
Fecha de ensayo : 26/10/2018  
Fecha de emisión : 27/10/2018

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: SANTIAGO QUEZADA OSORIA
Obra	: Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Procedencia	: 40% de suelo de Rio Piura margen izquierda+60% de conchas de Avánico

Condiciones iniciales del ensayo:

Especimen	# 1	# 2	# 3
Método de preparación y compactación	Húmedo		
Condición al momento de ensayarlos	Remojados 4 días		
% de humedad de compactación	12.3	12.3	12.3
Densidad seca antes de sumergirlos en agua	1.66	1.77	1.86
Compactación en golpes por capa	10	25	56

RESULTADOS

Especimen	# 1	# 2	# 3
% de expansión con respecto a su altura Inicial	0.83	0.61	0.48
C.B.R. corregido a 0.1" de penetración	13	26	37
C.B.R. corregido a 0.2" de penetración	16	31	51
Cantidad de sobrecarga	10 lb	10 lb	10 lb

Observaciones:

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : Sr. Santiago Quezada O.

*Gaby Ruiz Felto*  
Gaby Ruiz Felto  
Ingeniero Civil  
CIP 48948  
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RAZÓN SOPORTE DE CALIFORNIA  
DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO  
Norma: NTP 339.145 1999

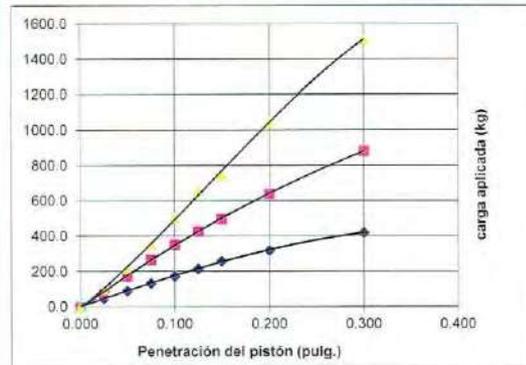
Orden de servicio N° : 19494  
Informe N° : 164742  
Clasificación visual : A-4 (2)  
Fecha de ensayo : 26/10/2016  
Fecha de emisión : 27/10/2016

Hoja 2 de 2

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTIAGO QUEZADA OSORIA  
Obra : Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico  
Ubicación : Piura  
Muestreo realizado por : El solicitante  
Procedencia : 40% de suelo de Río Piura margen izquierda+60% de conchas de Avánico

Penetración pulgadas	Especimen # 1 Molde #X1-10gop				Especimen # 2 Molde #X2-25gop				Especimen # 3 Molde #X3-56gop			
	sin corregir		corregido		sin corregir		corregido		sin corregir		corregido	
	lect.dial	carga	carga	C.B.R.	lect.dial	carga	carga	C.B.R.	lect.dial	carga	carga	C.B.R.
mm	mm	kg	kg	%	mm	kg	kg	%	mm	kg	kg	%
0.000	0.0000	0.0			0.0000	0.0			0.0000	0.0		
0.025	0.0180	48.2			0.0280	74.0			0.0400	99.9		
0.050	0.0360	91.3			0.0740	173.1			0.0940	216.2		
0.075	0.0560	134.3			0.1180	267.9			0.1580	354.0		
0.100	0.0740	173.1	173.1	13	0.1580	354.0	354	26	0.2280	504.8	504.8	37
0.125	0.0940	216.2			0.1920	427.3			0.2960	651.3		
0.150	0.1140	259.3			0.2240	496.2			0.3400	748.0		
0.200	0.1420	319.6	319.6	16	0.2900	638.3	638.3	31	0.4780	1043.3	1043.3	51
0.300	0.1880	418.6			0.4020	879.6			0.6960	1512.8		



Gaby Riza Petrozzi  
Ingeniero Civil  
CIP 48918  
Responsable

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : Sr. Santiago Quezada O.

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

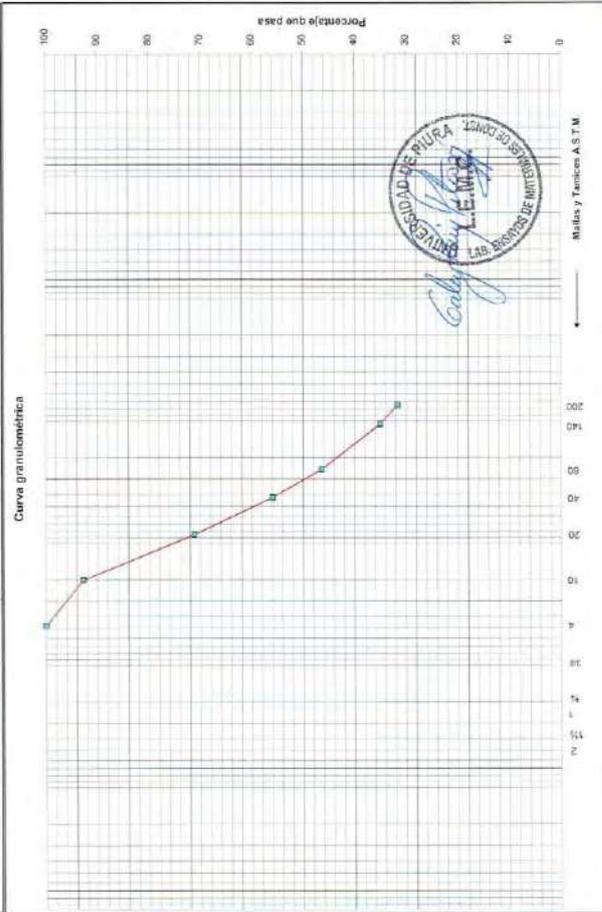
Norma: NTP 339.128.1999

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTIAGO QUEZADA OSORIO      Ubicación : Piura      Muestreo realizado por : El laboratorio  
 Obra : Trasl: Estabilización de suelos con concha de plato y concha de alamo      Procedencia : 20% de Río Piura muggen izquierda +80% de Concha de Avilaico

Orden de servicio N° : 19494  
 Informe N° : 164743  
 Fecha de ensayo : 24/10/2016  
 Realizó el ensayo : Tric. Francisco Gastón C.

Abertura mm	Tamiz ASTM	Contenido (g)	Retenido parcial %	Retenido total %	Pasa total %
76.2	3 "				
50.8	2 "				
38.1	1 1/2 "				
25.4	1 "				
19.1	3/4 "				
9.5	3/8 "				
4.76	4	0	0.00	0.00	100
2	10	36.2	7.20	7.20	93
0.85	20	108.60	21.60	28.80	71
0.425	40	76.40	15.19	43.99	56
0.25	60	48.30	9.61	53.60	46
0.106	140	57.30	11.40	65.00	35
0.074	200	17.10	3.40	68.40	32
	Fondo	158.40			
	Total	502.30			
	Peso Inicial	502.80			
	Pérdida	0.50			



Descripción de la muestra: Clasificación AASHTO (mezcla): A-2-4 (0)  
 Presenta: 10% de grava/conchales 37% de arena gruesa, 21% de arena fina, 32% de finos plásticos. LL=24 IP=3  
 Clasificación SCS: A-2.5 (US)

Superviso el ensayo: Gaby Ruiz Percezzi  
 Ingeniero Civil  
 CIP 46912

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UTDEP es únicamente el procesamiento de ejecución y el resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UTDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**  
**LÍMITES LÍQUIDO - PLÁSTICO - ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**  
 Norma: NTP 339.129 1999

Orden de servicio N° : 14494  
 Informe N° : 164735  
 Fecha de recepción : 05/08/2016  
 Fecha de ensayo : 25/10/2016  
 Fecha de emisión : 27/10/2016

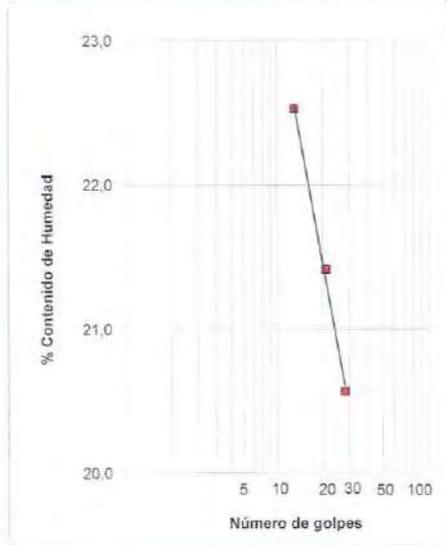
EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	SANTIAGO QUEZADA OSORIA
Obra	Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abarico
Ubicación	Piura
Muestreo realizado por	El solicitante
Procedencia	20% de Río Piura margen izquierda. +80% de Concha de abarico

**RESULTADOS:**

LÍMITE LÍQUIDO			
Peso húmedo	24.33	27.16	28.88
Peso seco	20.18	22.37	23.57
Peso de agua	4.15	4.79	5.31
Porcentaje de humedad	20.6	21.4	22.5
Número de golpes	26	21	13

LÍMITE PLÁSTICO			
Peso húmedo	8.00	8.69	9.61
Peso seco	6.74	7.34	8.10
Peso de agua	1.26	1.35	1.51
Porcentaje de humedad	18.7	18.4	18.6



**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**  
 (Fracción que pasa tamiz N° 40)  
 Limo,  
 Mezcla.

Clasificación: AASTHO: A-4  
 Clasificación: SUCS: ML

LÍMITE LÍQUIDO L. L.	21
LÍMITE PLÁSTICO L. P.	19
ÍNDICE PLÁSTICO I. P.	2

Realizó el ensayo: Téc. Francisco Castro

*Calvin Ruiz*  
 Ingeniero Civil  
 CIP 4631  
 Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PRUEBA DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO  
Norma: NTP 339.141 1999

Orden de servicio : 19494 Fecha de recepción : 04/10/2016  
Informe N° : 164745 Fecha de ensayo : 20/10/2016  
Clasificación AASTHO : A-2-4 (0) Fecha de emisión : 27/10/2016

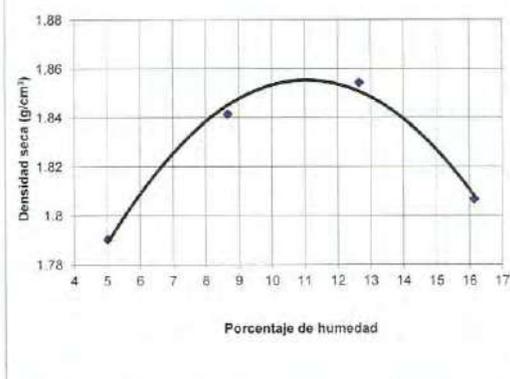
EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : SANTIAGO QUEZADA OSORIA  
Obra : Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico  
Ubicación : Piura  
Muestreo realizado por : El solicitante  
Procedencia : 20% de suelo de Río Piura margen izquierda+80% de conchas de Avánico

CONDICIONES DEL ENSAYO:

Procedimiento utilizado: A Método de preparación: Húmedo  
Molde N°: 2 Volumen del molde (cm<sup>3</sup>): 944  
Peso del molde (g): 4479 Altura de caída (pulg.): 18  
N° de capas: 5 N° de golpes por capa: 25  
Peso del martillo (lb): 10

Punto N°	I	II	III	IV	V
Peso de molde + suelo húmedo (g)	6254	6368	6451	6460	
Cápsula para humedad N°	I	II	III	IV	
Peso de cápsula (g)	169.9	184.5	182.1	171.2	
Peso de cápsula + suelo húmedo (g)	904.1	890.4	802.5	877.5	
Peso de cápsula + suelo seco (g)	889	834.1	732.8	779.3	
Porcentaje de humedad	5.02	8.67	12.66	18.15	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.79	1.84	1.85	1.81	



Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.85  
Humedad óptima (%) : 11.2

Gaby Ruiz Petrozzi  
Ingeniero Civil  
CIP 46912  
Responsable

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : Sr. Santiago Quezada O.

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RAZÓN SOPORTE DE CALIFORNIA  
DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO  
Norma: NTP 339.145 1999

Orden de servicio N° : 19494  
Informe N° : 164746

Hoja 1 de 2

Clasificación AASTHO : A-2-4 (0) (2)  
Fecha de ensayo : 26/10/2016  
Fecha de emisión : 27/10/2016

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: SANTIAGO QUEZADA OSORIA
Obra	: Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Procedencia	: 20% de suelo de Río Piura margen izquierda+80% de conchas de Avánico

Condiciones iniciales del ensayo:

Especimen	# 1	# 2	# 3
Método de preparación y compactación	Húmedo		
Condición al momento de ensayarlos	Remojados 4 días		
% de humedad de compactación	11.5	11.5	11.5
Densidad seca antes de sumergirlos en agua	1.62	1.78	1.89
Compactación en golpes por capa	10	25	56

RESULTADOS

Especimen	# 1	# 2	# 3
% de expansión con respecto a su altura inicial	0.59	0.39	0.24
C.B.R. corregido a 0.1" de penetración	14	29	59
C.B.R. corregido a 0.2" de penetración	17	42	51
Cantidad de sobrecarga	10 lb	10 lb	10 lb

Observaciones:

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : Sr. Santiago Quezada O.

UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
Gabry Ruiz Páez  
Ingeniero Civil  
CIP 46918  
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RAZÓN SOPORTE DE CALIFORNIA  
DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO  
Norma: NTP 339.145 1999

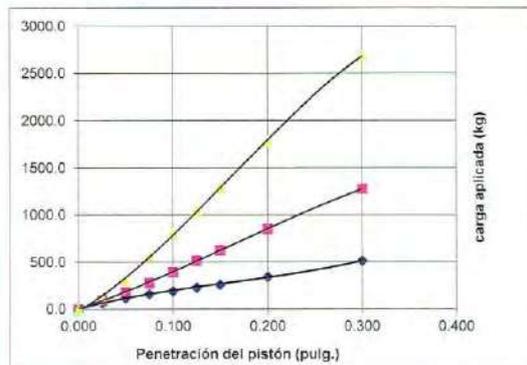
Orden de servicio N° : 19494  
Informe N° : 164746  
Clasificación visual : A-2-4 (0) (2)  
Fecha de ensayo : 26/10/2015  
Fecha de emisión : 27/10/2015

Hoja 2 de 2

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: SANTIAGO QUEZADA OSORIA
Obra	: Tesis: Estabilización de suelos con concha de pico de pato y concha de abanico
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Procedencia	: 20% de suelo de Rio Piura margen izquierda+80% de conchas de Avanico

Penetración pulgadas	Especimen # 1 Molde #X1-10golp.			Especimen # 2 Molde #X2-25golp.			Especimen # 3 Molde #X3-56golp.		
	lect.dial mm.	carga kg	C.B.R. %	lect.dial mm.	carga kg	C.B.R. %	lect.dial mm.	carga kg	C.B.R. %
0.000	0.0000	0.0		0.0000	0.0		0.0000	0.0	
0.025	0.0260	69.7		0.0380	95.6		0.0520	125.7	
0.050	0.0500	121.4		0.0800	186.0		0.1380	310.9	
0.075	0.0700	164.5		0.1240	280.8		0.2520	556.5	
0.100	0.0840	194.6	194.6	0.1780	397.1	397.1	0.3660	802.0	802
0.125	0.1020	233.4		0.2320	513.4		0.4780	1043.3	
0.150	0.1160	283.6		0.2840	625.4		0.5920	1288.8	
0.200	0.1540	345.4	345.4	0.3880	849.4	849.4	0.8200	1779.9	1043.3
0.300	0.2320	513.4		0.5840	1271.6		1.2400	2684.5	51



*Gaby Ruiz Baturo*  
Gaby Ruiz Baturo  
Ingeniero Civil  
CIP 46918  
Responsable

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : Sr. Santiago Quezada O.

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

## **ANEXO E**

### **Resultados dimensionamiento de las valvas evaluadas**

Concha pico de pato									
Largo (mm)									
70.89	80.76	92.95	90.26	92.04	93.47	98.85	105.47	94.28	106.42
110.63	90.45	93.6	96.5	100.65	101.1	102.1	91.79	97.49	107.6
104.6	110.5	94.4	94.8	96.87	96.29	96.83	95.78	91.57	93.89
95.79	91.79	95.78	92.7	93.18	96.18	97.8	92.7	93.45	94.8
99.89	100.4	96.83	97.8	102.1	91.92	102.1	93.18	99.4	96.87
89.79	99.47	99.26	97.05	98.17	93.8	110.63	70.89	89.79	92.83
94.78	102.3	97.28	96.18	92.7	93.8	90.67	80.76	99.47	108
92.83	108	96.58	98.9	93.79	92.02	93.6	92.95	99.26	96.58
93.18	97.49	91.57	93.45	99.4	94.17	96.5	90.26	97.05	98.9
93.8	93.8	92.85	94.17	100.81	103.65	100.65	93.14	98.17	93.79

Concha pico de pato									
Ancho (mm)									
21.64	24.17	26.67	25.42	27.07	22.49	26.89	24.95	25.91	25.2
24.58	23.49	27.15	24.82	23.48	24.72	22.97	23.2	27.01	24.53
23.19	24.72	25.73	25.49	24.18	25.75	26.38	24.97	22.59	26.81
22.89	24.79	24.7	22.99	25.67	25.44	24.1	23.81	26.49	27.11
26.84	23.89	26.81	27.01	23.7	24.28	23.11	26.15	23.11	24.17
25.91	27.01	22.59	26.9	23.11	24.61	25.99	21.64	25.17	22.89
24.85	22.1	25.48	23.81	26.08	23.47	23.61	24.85	26.99	24.59
26.81	23.07	26.9	23.7	25.17	27.11	26.9	26.67	26.47	24.7
25.17	25.7	26.47	26.6	24.09	24.82	23.7	25.42	26.7	23.48
27.05	23.02	26.38	23.8	23.11	23.66	25.08	27.07	24.09	25.67

Concha pico de pato									
Espesor (mm)									
0.97	1.08	1.27	1.12	0.99	1.11	1.28	0.89	1.14	1.24
1.23	1.16	1.35	1.05	1.16	1.19	1.23	1.08	1.12	1.18
1.3	0.92	1.02	1.25	0.96	1.16	1.12	1.27	1.29	1.09
1.46	0.97	1.26	1.24	1.27	1.2	1.17	1.19	1.12	1.27
1.1	1.1	1.2	1.19	1.18	1.19	1.15	0.99	1.21	1.11
1.35	1.23	1.12	1.2	1.15	1.46	1.1	1.32	1.23	1.3
0.99	1.28	1.16	1.11	1.19	0.92	1.36	1.15	1.16	0.92
1.15	1.17	1.29	1.18	1.21	1.26	1.2	1.3	1.35	1.35
1.2	1.18	1.09	1.21	1.11	1.24	1.29	1.09	1.05	1.25
1.32	1.11	1.3	1.09	1.19	1.27	1.17	1.19	1.16	0.89

Concha de abanico									
Largo (mm)									
65.83	79.48	69.9	83.67	88.57	88.47	79.82	66.83	69.85	85.46
73.91	76.58	70.48	82.79	84.29	72.1	88.97	79.48	79.11	83.59
81.29	81.59	76.89	80.19	85.75	78.58	72.49	69.9	81.45	83.99
89.99	84.79	79.58	79.48	85.95	86.57	88.56	68.47	73.46	77.18
77.55	81.59	77.7	72.58	84.19	79.4	75.19	88.57	79.58	80.14
69.85	79.49	81.45	73.46	79.58	73.91	77.55	89.99	80.99	84.28
85.46	83.59	84.53	77.18	80.14	76.4	81.28	85.12	81.59	85.72
84.28	86.78	76.67	72.99	76.89	70.48	77.7	78.49	76.89	76.67
88.56	72.89	78.49	86.57	79.4	81.76	72.58	79.48	80.19	72.99
79.82	89.78	72.49	88.56	76.99	84.29	84.19	85.95	85.75	76.89

Concha de abanico									
Ancho (mm)									
70.44	83.64	89.06	98.9	98.48	82.7	79.82	85.49	81.2	83.59
85.49	94.68	88.8	94.75	85.46	89.7	95.4	94.68	93.41	91.89
82.49	92.8	92.4	90.2	81.1	98.6	94.58	88.8	90.89	91.4
86.71	97.4	91.72	93	89.9	80.49	90.86	94.75	84.27	78.43
83.5	92.85	92.8	89.4	92.48	94.79	92.7	85.46	84.37	88.79
89.47	93.78	99.7	85.15	90.69	82.49	86.71	83.5	89.47	70.44
82.7	89.7	98.6	80.49	94.79	92.8	97.4	92.85	93.78	83.64
83.59	91.89	91.4	88	88.79	92.4	91.72	82.17	99.7	89.06
81.79	93.8	90.89	84.75	94.56	90.2	93	89.4	85.15	98.9
79.82	95.4	94.58	90.86	92.7	81.1	88.67	92.48	90.69	96.27

Concha de abanico									
Espesor (mm)									
2.81	2.78	3.25	2.85	2.8	2.29	2.81	3.6	3.42	2.33
3.19	2.15	3.29	2.64	2.35	2.52	2.87	2.99	3.02	3.32
2.35	2.27	3.23	2.94	2.94	2.89	3.28	2.3	3.1	2.5
3.41	3.32	2.57	2.82	2.7	2.45	2.78	2.78	2.4	2.6
3.42	3.02	3.1	2.4	3.1	2.49	2.8	3	3.1	2.78
3.6	3	2.3	2.78	3	3.41	2.35	3.19	2.94	3
2.94	2.65	2.2	2.7	2.9	3.31	2.27	2.15	2.65	2.11
3.05	2.12	2.75	2.5	3.05	2.57	3.21	3.29	2.2	2.75
2.25	2.52	3	2.45	2.49	2.82	2.94	2.57	2.7	2.65
2.32	3.32	2.53	2.6	2.78	2.7	2.94	2.35	2.9	2.88