

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Estabilización de suelos utilizando agua de mar, caso
Unión del Sur-Nuevo Chimbote-Ancash.**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor:

Saavedra Silva, Rosa Gladys

Asesor

Solar Jara Miguel Angel
Código ORCID: 0000 0002 8661 418X

Sullana-Perú

2020

PALABRAS CLAVES:

Tema	Estabilización química
Especialidad	Estabilización de suelos

KEY WORDS:

Topic	Chemical stabilization
Specialization	Soil stabilization

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Línea	Transporte
Área	Ingeniería y Tecnología Ingeniería
Sub-Área	Ingeniería civil
Disciplina	Ingeniería del transporte

TÍTULO

**Estabilización de suelos utilizando agua de mar, caso
Unión del Sur-Nuevo Chimbote-Ancash.**

RESUMEN

El suelo en estado natural de Unión del Sur en Nuevo Chimbote, presenta una gradación de sus partículas que lo componen, un grado de plasticidad que se relacionan con el contenido mismo de humedad, para proporcionar a este suelo las características mecánicas necesarias para que sea utilizado con una subrasante firme y óptima para soportar una estructura vial, después de haber recibido un tratamiento mecánico de refine y compactación. En tiempo antiguos los métodos que se empleaban para utilizar los suelos en la construcción de vías

Los métodos empleados en la antigüedad para utilizar los suelos en la construcción eran basados en experiencias es decir empíricos que se trasmitían en generación en generación, en la actualidad nuestra investigación es un trabajo científico aplicativo de nivel experimental

El terreno natural presento las mismas características físicas para las dos calicatas, en cuanto a la capacidad de soporte del suelo agregando agua de mar aumenta su capacidad de soporte en un 10% en base a una muestra patrón, también se realizó una compactación empírica con agua potable de la zona a nivel de sub rasante, en dos puntos estratégicos, procediendo a verificar el grado de compactación, obteniendo como resultados promedio de 77.28%, mientras que agregando agua de mar se obtiene como resultados 85.92% aumentando en un 8% en base a la muestra patrón, según las normativas el grado de compactación para una sub rasante debe ser 95%, finalmente al agregar el agua de mar mejora su estabilidad del suelo natural.

ABSTRAC

The soil in the natural state of Union del Sur in Nuevo Chimbote, presents a gradation of its particles that compose it, a degree of plasticity that is related to the moisture content itself, to provide this soil with the mechanical characteristics necessary for it to be used. with a firm and optimal subgrade to support a road structure, after having received a mechanical treatment of refinement and compaction. In ancient times the methods that were used to use soils in the construction of roads.

The methods used in ancient times to use soils in construction were based on experiences, that is, empirical, that were transmitted from generation to generation, at present our research is an applicative scientific work at an experimental level.

The natural terrain presented the same physical characteristics for the two pits, in terms of the support capacity of the soil, adding sea water increases its support capacity by 10% based on a standard sample, an empirical compaction with water was also carried out. drinking water in the area at subgrade level, at two strategic points, proceeding to verify the degree of compaction, obtaining average results of 77.28%, while adding seawater results in 85.92% increasing by 8% based on To the standard sample, according to the regulations, the degree of compaction for a subgrade must be 95%. Finally, adding seawater improves its stability of the natural soil.

Índice General

Palabras Clave	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Introducción	1
Metodología	25
Resultados	27
Análisis Y Discusión	32
Conclusiones	37
Recomendaciones	38
Referencias Bibliográficas	39
Anexos:	40
Panel fotográfico	41
Ensayo de laboratorio	49

Índice Figuras

Figura 1: C.B.R. 100% M.D.S.	02
Figura 2: C.B.R. 95% M.D.S.	03
Figura 3: Proctor utilizando agua potable.	03
Figura 4: Proctor utilizando agua de mar	03
Figura 5: Ensayo de CBR	04
Figura 6: Ensayo de Proctor	05
Figura 7: Mapa de uso de suelos en Chimbote.	21
Figura 8: Capacidad admisible del suelo natural	30
Figura 9: Capacidad admisible del suelo natural	31
Figura 10: Resultados del contenido de humedad del terreno natural.	32
Figura 11: Contenido óptimo de humedad del proctor de la muestra patrón vs Experimental.	33
Figura 12: Máxima densidad seca del proctor de la muestra patrón vs Experimental.	34
Figura 13: Resistencia del suelo al 95% de la muestra patrón vs experimental.	34
Figura 14: Resistencia del suelo al 100% de la muestra patrón vs experimental.	35
Figura 15: Resultados de una muestra motor de compactación del suelo natural y experimental.	35
Figura 16: Capacidad admisible del suelo natural y experimental.	36
Figura 17: pesando la muestra para realizar el análisis granulométrico.	41
Figura 18: realizando el análisis granulométrico por lavado	41
Figura 19: realizando el análisis granulométrico con los tamiz.	42
Figura 20: pesando las muestras para proctor y CBR.	42
Figura 21: realizando El ensayo de proctor y CBR.	43
Figura 22: realizando El ensayo de proctor método A.	43
Figura 23: llevando las muestras de CBR al agua.	44

Figura 24: verificando las muestras de CBR con el asesor del proyecto.	44
Figura 25: retirando las muestras de CBR del agua	45
Figura 26: realizando la penetración de las muestras de CBR con la supervisión del, asesor.	45
Figura 27: supervisión del, asesor.	46
Figura 28: realizando la densidad de campo en el área del proyecto	46
Figura 29: realizando un segundo punto de densidad.	47
Figura 30: muestra de la verificación del corte directo	47
Figura 31: realizando el ensayo del corte directo.	48

Índice de Tablas

Tabla 01: variaciones en los ensayos de compactación	04
Tabla 02: Límites de tamaño de suelos separados	11
Tabla 03: Clasificación de suelos SUCS	15
Tabla 04: clasificación de suelos AASHTO	17
Tabla 05: índice de plasticidad	19
Tabla 06: categorías de subrasante CBR	19
Tabla 06: variable dependiente	24
Tabla 07: variable independiente	24
Tabla 08: tratamiento de suelos(diseño muestral)	25

I. INTRODUCCION

1. Antecedentes y Fundamentación Científica:

• Antecedentes:

Desde la antigüedad las áreas costeras han sido regadas con el agua del océano, esta agua se penetra en tierra firme por el sub suelo, y logra mantener siempre húmedo este subsuelo, un fenómeno similar de los acuíferos de los ríos, presentando como diferencia el agua salada del mar. Se puede mencionar también que existe una situación presente en la naturaleza muy peculiar que permite que algunas especies vegetales como las halófitas o halófilas sean regadas solamente con el agua de mar. En las islas que se aprecian en las portadas de publicaciones naturalistas o en muchas fotografías se puede forzosamente llegar a la conclusión que dicha vegetación tan frondosa, variada, exótica, etc, sostiene su vida por el riego que le proporciona el agua de mar. La vegetación que se encuentra ubicada en zonas costeras tienen una mayor capacidad de poder aprovechar este recurso cercano; agua de mar, en comparación a otras plantas o vegetación ubicados en zonas o áreas más al interior o zonas más elevadas, ya que las primeras aprovechan de mejor manera la humedad subterránea que le otorga la proximidad del agua del mar, que está presente de forma continua en todas esas zonas bajas. Se concluye en investigaciones realizadas sobre el agua de mar, acerca de utilizar modelos de riego eficiente nos lo proporciona de forma espontánea la naturaleza y son dos: por una parte cuando se crea una napa freática con agua de mar con el objetivo primordial de mantener una humedad continua en el sub suelo y por otro, el modelo de adaptación de plantas ante la presencia de la salinidad en el agua de mar, tal como se muestra en las plantas llamadas acelgas, las cuales se cultivan de forma sencilla en un suelo capaz de poder drenar el exceso de la salinidad de esta agua (Aquamaris, 2013).

El agua del mar contiene todos los elementos naturales conocidos por el hombre: el A.D.N. en suspensión, los aminoácidos esenciales, las grasas, las proteínas, los ácidos nucleicos y por sobretodo la totalidad de los 118 elementos de la tabla periódica, además del zooplancton y fitoplancton, que son proteínas puras, omega 3, carbono y miles de bacterias no patógenas. Científicamente al agua de mar se le considera como biogenia (crea vida) y también se le considera patogenicida

(ambiente no propicio para los microbios de tierra). Sin embargo, el agua de mar sigue siendo una gran desconocida, a pesar de todas sus propiedades y del gran potencial que puede llegar a tener su aplicación en distintos campos y para múltiples usos. Después de numerosas pruebas y ensayos han logrado desarrollar un concentrado mineral de agua de mar desalinizada, que saldrá al mercado con el nombre de Ocean once agros, porque es agua oceánica y porque contiene los once oligoelementos más importantes para la vida. Asegura que es un producto apto para todo tipo de suelos todo tipo de plantas, porque actúa sobre el suelo, no sobre la planta, volviendo a remineralizarlo. (Álvarez, A., 2018)

Rivasplata, J. (2011). En su trabajo de investigación de estabilización de los suelos de Nuevo Chimbote haciendo uso del agua del mar, logro obtener resultados de mejora en el comportamiento mecánico de dichos suelos, por lo que concluye y recomienda este método como una alternativa excelente. Dicho método de estabilización permite el uso de estos suelos ante una trafico eventual en una estructura vial que soportaría, específicamente en los suelos de las zonas rurales de Tangay Bajo en Nuevo Chimbote, se planteó un procedimiento que sirve solamente como un estrato superficial final, sin que sobre ella se coloque una capas más que conforman una estructura de cualquier pavimento, los resultados de esta investigación que se presentanse observa que las propiedades mecánicas van en aumento, y se refleja por ejemplo en el aumento del CBR de los suelos de Tangay Bajo hasta llegar a valores elevados que permiten que estos suelos se usen como superficies de rodamiento en el tráfico de vehículos con transitabilidad baja, donde no es justificable inversiones de alto costo para la infraestructura.

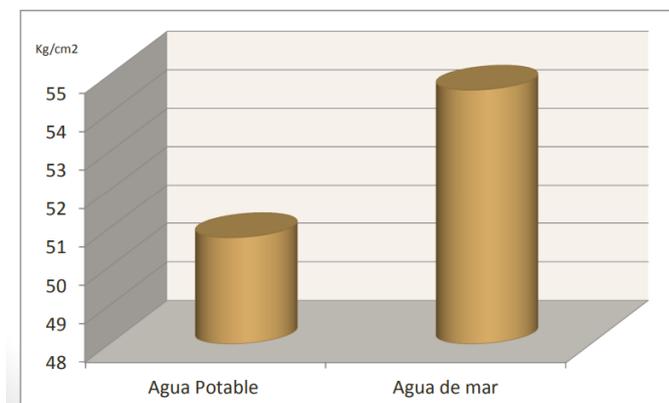


Figura 1: C.B.R. 100% M.D.S

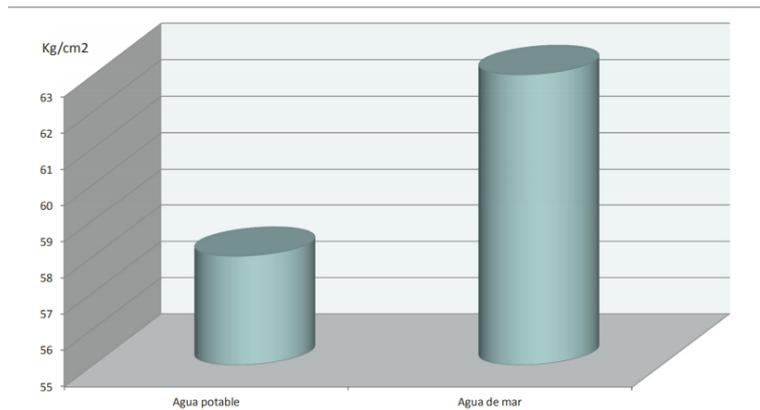


Figura 2: C.B.R. 95% M.D.S.

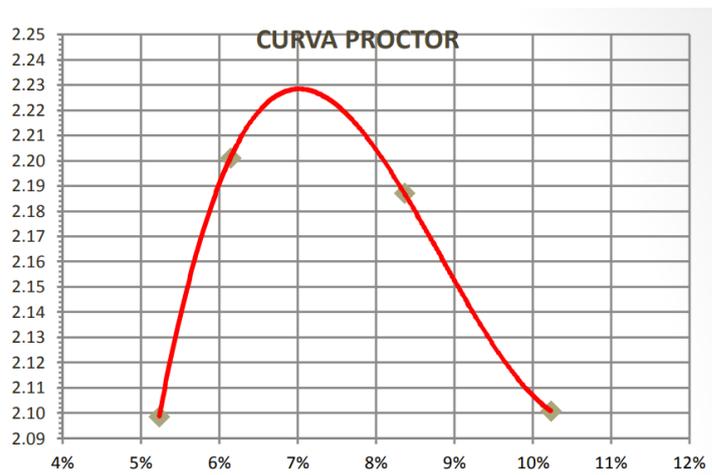


Figura 3: Proctor utilizando agua potable.

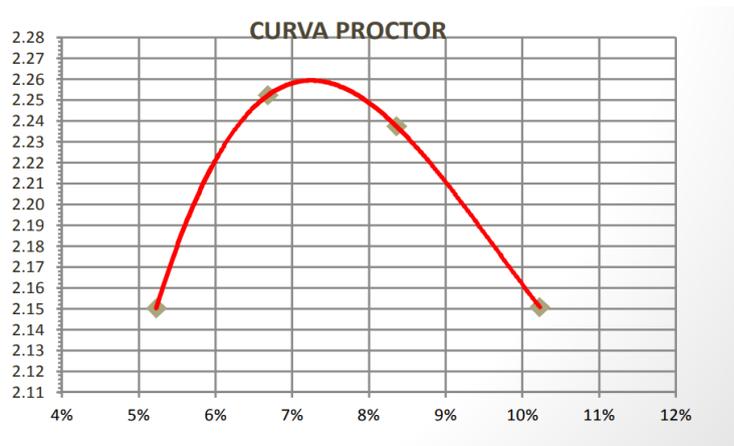


Figura 4: Proctor utilizando agua de mar

Moreno, S., Rodríguez, J. (2013). Los índices plásticos tienen un potencial alto de expansión, sin embargo, los valores de la capacidad de soporte del suelo CBR tienen un valor promedio menor a 3, lo que indica que la consistencia está entre muy blanda a blanda, esto se reflejó en los ensayos de presión de expansión, que tuvieron resultados relativamente bajos.

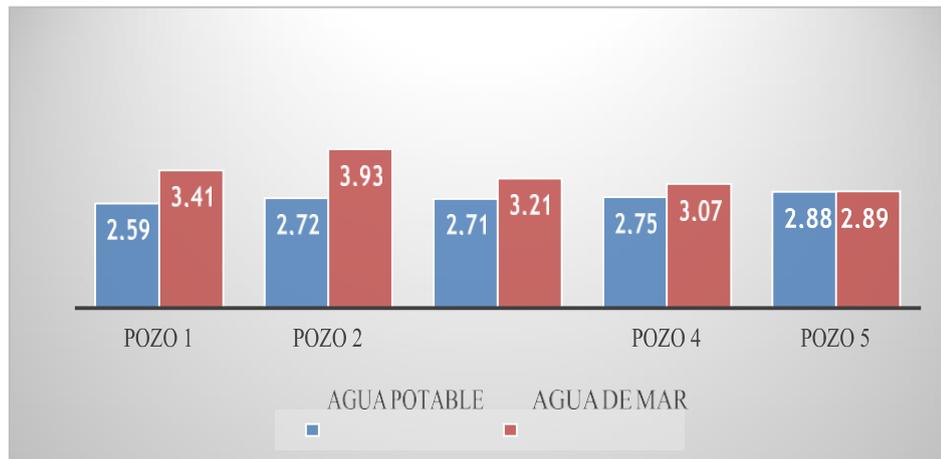


Figura 5: Ensayo de CBR

Los límites de contracción presentaron un aumento del valor promedio de las muestras ensayadas con agua potable y agua de mar, de 13% a 18%, lo que según criterios de identificación de expansividad, cambiarían su clasificación de media a baja; el índice de contracción tuvo una disminución de 27% lo que indica que el suelo es menos propenso a la variación de volumen debido a cambios de humedad. Estos valores no son significativos, ya que el valor promedio de capacidad de soporte CBR apenas supera el 3%, por lo que no es recomendable para este tipo de suelo estabilizarlo con agua de mar, debido a que no alcanzó el valor mínimo adecuado para poder diseñar la estructura del pavimento, que debería ser mayor a 8 para ser considerada una subrasante regular (Moreno, S., Rodríguez, J., 2013).

Tabla 1: Variaciones en los ensayos de compactación

	Agua Potable	Agua de Mar	% Variación
Densidad máxima Promedio	1,469	1,607	9,39%
Humedad Óptima Promedio	19,09	21,424	12,23%

Fuente: Elaboración Propia

ANÁLISIS: Al utilizar agua de mar la densidad máxima subió en todos los casos pero no de forma significativa, la humedad óptima tuvo resultados variables.



Figura 6: Ensayo de Proctor

Hueso (2009), estudia la estabilización de los suelos teniendo como objeto de estudios la cal, este agente estabilizador, y el comportamiento de los suelos han sido divulgados de forma muy escasa y presenta baja implementación en el País centroamericano de El Salvador. Cuando se le adiciona cal al suelo entonces se produce una disminución de la plasticidad del suelo, y por consiguiente se tiene una cohesión de sus partículas que también disminuida, se determinó que en los primeros días de curado la resistencia está por debajo de un suelo sin adición o un suelo natural. Se verifica en la investigación que las resistencias a la compresión en probetas elaboradas con suelos naturales están por encima de los valores de resistencia de las probetas elaborados con mezcla suelo –cal.

Al incorporar cal a una masa de suelo de Unión del Sur en Nuevo Chimbote, produce de forma automática la reducción considerable de la plasticidad con el porcentaje de cal definido según la normatividad del ensayo ASTM D-6276, se reduce a niveles ínfimos cercanos a cero, lo cual provoca un cambio de la granulometría considerable que incide directamente en su clasificación, ya que pasa de ser un suelo arcilloso (CL) a ser un suelo limoso (ML). El aumento que se logra con la adición de cal en las propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión de un suelo, se debe a distintos factores:

- Diseño de mezcla de Suelo – Cal.
- El tipo de Cal que se adiciona.

- La mineralogía del Suelo.
- Proceso constructivo del tratamiento y la conformación de la capa de suelo-cal.

Son sin duda alguna estos factores importantes para que se deba establecer una metodología y un proceso de control de calidad que permita conseguir asegurar el correcto proceso constructivo de la capa estabilizada.

Gutierrez (2010), en Castañeda, Sánchez (2016), mencionan en su estudio que en regiones que presentan climas secos, como es el caso de la Unión en Nuevo Chimbote, se debe utilizar como material estabilizante una sal higroscópica como el cloruro de magnesio hexahidratado, el cual tiene una humedad relativa de 32%. No recomiendan, según el estudio, en zonas costeras como es el caso de la Unión en Nuevo Chimbote, materiales estabilizantes con H.R de 68% de promedio, ya que esto provoca una sobre hidratación en el suelo, por consiguiente, lo convierte en un suelo resbaladizo. El cloruro de calcio presenta una H.R. de 42% lo cual es propicia y se acondiciona mejor a las condiciones climáticas de las zonas costeras del Perú. El cloruro de magnesio, por su parte requiere de mayores cantidades que le permitan obtener concentraciones elevadas que lleguen a tener un H.R. de 28%, a diferencia de lo que sucede con el cloruro de calcio. Al realizar un proyecto vial, como la construcción de carreteras de bajo volumen de tránsito, se debe considerar como prioridad los efectos que tiene un proceso de estabilización en los costos – beneficios, ya que este tipo de proyectos corresponden a lo que se conoce como “bienes públicos” donde participan diferentes agentes de la sociedad. Es en este contexto que un proceso de estabilización de un suelo con fines de pavimentación, serán:

- Aumentar y desarrollar las actividades productivas: se logra con la incorporación de nuevas superficies destinadas al desarrollo de actividades turísticas.
- Reducir los costos del transporte de pasajeros y de cargas.
- Incentivar la integración de las regiones colindantes, en el aspecto: Social, económica cultural, entre otros.

Choque (2012), en Castañeda, Sanchez (2016), En estudio acerca de la eficiencia que tiene el uso de aditivos químicos para la conservación de las superficies de

rodadura en las carreteras no pavimentadas, señalan que las carreteras de bajo volumen de tránsito no pavimentadas tienden a deteriorarse con mayor rapidez que una vía pavimentada cuya superficie de rodadura está compuesta por un material asfáltico o cementicio. El intemperismo es un fenómeno que actúa sobre una vía no pavimentada, su superficie de rodadura que está conformada por partículas finas y agregados aglutinados con un grado de humedad óptima inicialmente al estar expuesta al ambiente reduce su humedad, posteriormente con la acción física externa que provoca en tránsito vehicular produce el disgregamiento en su superficie que generan polvo, también se originan baches, ahuellamientos, ondulaciones, etc.

Pasado un periodo de 117 días se pudo comprobar que los sectores en que se aplicó los aditivos, mostraron mayor variación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en comparación con el sector A que no se le aplicó ningún aditivo es decir el tramo que se considera natural o patrón; en el tramo que se le adicionó cloruro de calcio (sector B) aumento 107%, y en el tramo que se le adicionó producto enzimático aumento 62%; el Sector B presentó un deterioro mayor en su rugosidad, dicha variación del 107% se debe a las lluvias producidas en la zona, que ocasionaron el lavado de finos y también se formaron zanjas de barro de 4.5 m. Los sectores B y C que fueron tratados con cloruro de calcio y producto enzimático respectivamente, presentó baches en su superficie, y comprobándose que fue el sector B, el que mostró el deterioro más acelerado, pero a su moderada severidad inicial.

Fundamentación científica:

La fundamentación científica se basa en la estabilización de suelos, la cual, implica la adición o incorporación de distintos aditivos a los suelos, de tal forma que estos interactúen físicamente y químicamente y se obtengan mejores condiciones de las propiedades de este suelo. Respecto a las técnicas y procedimientos más usados para las estabilizaciones en suelos son los que se realizan con la cal y el cemento después de otros tantos que en menor medida son utilizados, que pueden tener un origen orgánico e inorgánicos, pero que contienen elementos propios de un material aglomerante puzolánicos, hidrocarbonado o cloruros. El proceso de estabilización de un suelo no solamente se trata de adicionar un aditivo sino también consiste en

procedimientos de combinar dos tipos de suelos, a este proceso se le denomina estabilización mecánica. En esta estabilización cada suelos tiene características distintas que al unirse puedan cada uno de ellos aportar propiedades físicas que mejoren el comportamiento mecánico final del suelo resultante. Investigar el agua de mar, un recurso abundante en Nuevo Chimbote, por pertenecer a la zona costera, alberga la posibilidad de utilizar este recurso, investigando sus propiedades químicas.

Suelos:

El suelo es definido según Braja, como aquel agregado que se forma con partículas no cementadas compuestos de granos minerales y materia orgánica sólida (que ha sido descompuesta) además del gas y el líquido ocupan también ciertos espacios vacíos.

Los suelos son el elemento importante en los proyectos de construcción civil ya que soportan cargas muertas y vivas: estructuras de los pavimentos, tráfico, personas, por otra parte, el medio ambiente actúa sobre el suelo, por ejemplo, debido a que la superficie está en contacto con la humedad natural, lluvia, inundaciones, etc ésta debe tener en su composición estructural interna la suficiente capacidad de poder transportar a través conductos o canales el agua que se pueda acumular en su interior, evitando se perjudique su respuesta mecánica y cambios en su volumen que originen fallas.

El uso de los suelos debe realizarse en un estado natural, posterior a la aceptación por parte de estudios que demuestren adecuadas propiedades que se solicita para su utilización en los proyectos de construcción civil, Los suelos han deben ser estudiados para determinar que soportan una determinada carga por centímetro cuadrado, de no ser así, se debe de mejorar sus propiedades, para ello se mezclan materiales específicos con características de aglomerante o puzolánicas tales como la cal y el cemento a los cuales se le conoce como aditivo, cuando el suelo y estos materiales se mezclan se origina una reacción química que logra obtener un suelo con firmeza y capaz de soportar cargas que son producidas por el tráfico de los vehículos, además de soportar las inclemencias del medio ambiente.

El suelo es un conjunto de partículas con estructura física y química con características y propiedades de variación vectorial. En la dirección vertical es

común que se produzca una variación más veloz que en la dirección horizontal. (Juárez, 2010, pág. 112).

Tipos de suelos: Los suelos no estructuras uniforme, se clasifican de acuerdo a diferentes sistemas, y además se pueden clasificar según los diversos criterios como pueden ser el geológico, mineralógico, gradación, etc. Para la presente investigación, en términos usuales, se hará referencia a quienes usen en mecánica del suelo, (Graux, 1975, pág. 65).

Se consideran tipos de suelos:

- Gravas
- Arenas
- Limos
- Arcilla

Esta clasificación se basa en las dimensiones de las distintas partículas que componen el suelo. A las partículas que tienen un diámetro mayor a 0.425 milímetros se los conoce como gravas y arenas, y son suelos granulares y se llama suelos cohesivos a los limos y a las arcillas los cuales tienen partículas con un tamaño por debajo de los 0.075 mm.

Suelo gravoso: Son suelos que presentan material que se acumula de forma suelta no consolidada, por partículas o fragmentos de rocas cuya dimensión de su diámetro es mayor a 2 mm; estos fragmentos han sido transportados por corrientes de agua y en su recorrido han sufrido un desgaste de sus aristas por lo que genera que en su mayoría presentan forma redondea. (Mendoza, 1992).

Suelo arenoso: Son suelos con granos muy finos, tiene como origen en la erosión de rocas o proceden también desintegración de las rocas madres, de minas, y también de origen volcánico. las partículas de las arenas se reúnen de forma suelta en algunos casos también se originan de forma artificial por procesos de trituración mecánica en canteras. Las partículas que componen las arenas tienen un diámetro entre 0.075 mm y 2.0 mm. Hay que señalar que la arena proveniente de los ríos, comúnmente contiene grandes proporciones de gravas, limos y arcillas (Mendoza, 1992). Las arenas provenientes del mar tienen que ser evaluadas de forma exhaustiva antes de ser usadas en la construcción debido a la presencia de sales y de materia orgánica que suelen

contener. Las arenas de origen volcánico siempre se encuentran en zonas adyacentes a los volcanes que lo originaron, y presentan una coloración negra en sus partículas. (Ruano 2012).

Según Ruano (2012) las arenas las podemos clasificar en:

- Arena fina: son aquellas arenas que se forman con partículas con tamaño que superan 0.075mm y no sobrepasan los 2.00 mm
- Arena gruesa son aquellas arenas que se forman con partículas con tamaño que superan 2.00 mm y no sobrepasan los 4.75 mm.

Suelo limoso: Es aquel suelo fino que carece o tiene muy poca elasticidad. Estos suelos limosos se originan de la desintegración del mineral o de suelos parcialmente orgánico. Pueden ser limos orgánicos como el de los ríos, o inorgánicos, ello depende de su origen, en ambos casos presenta características plásticas limitadas (Roldan, 2009).

Cuando los suelos limosos que son partículas sueltas se saturan, estos no son aptos para resistir cargas de forma constante, se debe hacer por medio de zapatas, los limos orgánicos procedentes de ríos, tiene alta compresibilidad y son poco permeables. Estos suelos limosos, se consideran suelos no aptos para cimentar (Roldan, 2009).

Suelos Arcillosos: Son un tipo de suelos que se hallan en zonas de lluvia constante o frecuente, de media o alta precipitación, presenta generalmente un drenaje deficiente, tiene baja firmeza, tiene un alto contenido de humedad in situ. La deficiencia primordial que presenta este tipo de suelo es en su comportamiento físico de cambio de volumen, razón por lo cual, cuando este suelo sufre un cambio de su humedad se ve automáticamente reflejado en el cambio de los espesores de las capas que conforma (Kramer, 2004, pág. 71). Las arcillas son las partículas sólidas de característica plástica al mezclarse con el agua.

Desde un punto de vista químico, las arcillas, son silicatos de alúmina hidratados, generalmente contienen silicatos de magnesio y silicatos de hierro hidratados (Roldán 2019)

Los suelos en sus distintas clasificaciones se usan en el ámbito de las construcciones en dos aspectos: como materiales que conforman mezclas de concreto cementicio o concreto asfáltico, morteros y pastas; también en el aspecto conformación de estratos o capas. En el primer caso la industria de la construcción les denomina agregados.

Los agregados: vienen a ser la mezcla naturales o artificiales de gravas y arenas. El concreto hidráulico requiere de ambos en proporciones adecuadas según un diseño establecido que le permita mediante la combinación con el agua y el aglomerante; cemento portland obtener un material que presente resistencias a la compresión elevadas. Los agregados deben ser limpios, sin presencia de terrones, partículas blandas, sales, álcalis, materia orgánica, etc,

Tabla 2. Límites de tamaño de suelos separados

Nombre de la organización	Tamaño del grano (mm)			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)	> 2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	< 0.002
Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA)	> 2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	< 0.002
Asociación Americana de Funcionarios del Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	< 0.002
Sistema unificado de clasificación de suelos (U.S. Army Corps of Engineers; U.S. Bureau of Reclamation; American Society for Testing and Materials)	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (es decir, limos y arcillas) < 0.075	

Fuente: *Das (1999)*

Propiedades físicas de los suelos

Granulometría: La granulometría es el proceso de separación de una cantidad de agregado dividido en partes, cada agregado tiene forma de partículas de idéntica medida. La granulometría comprende que cada división contenga la cantidad de partículas que este determinado en los límites permisibles que establece la normatividad respecto a los tamices (Neville, 1999, Pág. 102).

La granulometría, según su forma y tamaño, se comprende una la distribución de los tamaños de las partículas o granulometría, de un agregado fino o grueso, con características importantes, las formas y específicamente el tamaño establece los requerimientos para un determinado diseño de concreto de acuerdo a las normas técnicas nacionales y extranjeras.

En los agregados se debe tener en cuenta los valores de Tamaño Máximo(TM) y el Tamaño Máximo Nominal (TMN). El tamaño máximo es el que corresponde a la malla menor por el que la totalidad de la muestra tamizada pasa y el tamaño máximo nominal es aquel que corresponde a la malla menor siguiente al tamaño máximo que produce el primer porcentaje retenido (menor a 10%)

Propiedades químicas de los suelos:

Los suelos tienden a conservar su composición química y su composición mineralógica de tierra y de la roca madre del cual provienen; están estructurados de materiales inertes debido a la no existencia de una reacción química que se pueda producir con los otros suelos contribuyentes. De acuerdo con las investigaciones en estudios de suelos, se ha venido observando una reacción química de estos materiales cuando se emplean otros componentes, como los agregados de río o de cementeras (Brady y Weil, 2017, pág. 104).

Estabilización de los suelos:

Es un procedimiento a través del cual se realiza un sometimiento al suelo natural a unas determinados tratamientos o manipulaciones de tal forma que se puede extraer de ellas las mejores propiedades o cualidades, es decir se obtiene un mejor comportamiento mecánico viéndose reflejado en la conformación de capas de soporte estables y duraderas, que son capaces de soportar un tránsito de vehículos sobre su superficie, absorbiendo de forma idónea y transmitiendo las cargas sin presentar daños en la estructura o superficie de rodadura de una vía. Debe también contemplar las condiciones de climas severos para asegurar el buen comportamiento de la explanada conformada. (Valle, 2010).

El proceso de estabilización de un suelo viene a ser la corrección un suelo con deficiencia con el objetivo de proporcionarle una mayor resistencia al terreno, en algunos casos le otorga condiciones adecuadas en su índice de plasticidad reduciéndolo. Para conseguir la estabilización en un suelo se pueden distinguir:

- Física
- Química
- Mecánica

Para estabilizar un suelo se puede realizar de dos diferentes formas, considerando el lugar de ejecución de los procesos:

- Estabilización de un suelo en planta
- Estabilización de un suelo in situ

Cuando el proceso de estabilización es realizado sobre la superficie, consiguiendo una mezcla uniforme y homogénea con la adición de aditivos como la cal y el cemento y principalmente, se le llama “estabilización in situ”. Es este tipo de estabilizaciones también ocasionalmente se le agrega agua cuando hablamos de grandes áreas como son las carreteras, ya que adecuadamente compactada disminuirá la propensión que tiene el agua del suelo a aumentar su volumen o resistencia, en las explanadas conformadas.

La estabilización de un suelo pretende mejorar la resistencia, la durabilidad y permeabilidad del suelo.

El aumento de la resistencia de un suelo es el objetivo primordial de una estabilización, y consiste logra el aumento en la estabilidad del suelo y su capacidad de carga. Un suelo estable presenta en su volumen un control de los procesos de hinchamiento y de colapso que son causados por los cambios de humedad que puede estar sometido el suelo.

La durabilidad se relaciona directamente con la resistencia que tiene el suelo para ser erosionada por distintos procesos o fenómenos físicos y mecánicos que son provocados por el tráfico de los vehículos o personas y principalmente por los cambios climáticos; un suelo es durable cuando es más eficiente al responder antes estos procesos.

La permeabilidad de un suelo permitirá la circulación del agua sin ocasionar influir en la capacidad carga y estabilidad del suelo.

Subrasante.

Es la superficie de terreno natural sobre el que se apoya directamente la estructura de un pavimento. Se debe ser preciso en señalar que la subrasante no es parte de la estructura del pavimento, pero se considera como un elemento que comprende también el prisma de capas de una carretera la cual se construye encima de un suelo natural explanado y la estructura de un pavimento. La capacidad de soporte de una subrasante es primordial para determinar los espesores totales de las diversas capas que conforman un pavimento y que deben lograr obtener un numero estructural de diseño.

Por tanto, la parte superior del área explanada o terraplén se le denomina subrasante y se conforma de suelo natural, a partir de ella es que se colocara las distintas capas del pavimento las cuales se conforman se suelos seleccionados que presentan características aceptables como una adecuada gradación de sus grueso y finos, además de la compactación ejecutada por estratos logrando conseguir un suelo estable en optimo estado y capaz de resistir las cargas de diseño de la vía. La subrasante debe presentar una capacidad de soporte en condiciones de utilidad y de servicio, unida con condiciones idóneas de tránsito y con materiales que cuentan con adecuados. En el proceso de construcción de una carretera se debe considerar que los 30 centímetros finales del suelo que están por debajo de la subrasante deben de tener una compactación al 95% de su máxima densidad seca que se obtendrá de la prueba de proctor modificado (MTC EM 115).

Los suelos de la subrasante deben ser unos suelos estables y adecuados para resistir las estructuras de los pavimentos por lo que debe tener un valor por encima de $CBR \geq 6\%$. En caso este valor estuviera por debajo de $CBR < 6\%$ se debe implementar un proceso de mejora de esa subrasante mediante la estabilización de la misma, considerando la mejor alternativa según el ingeniero proyectista responsable del estudio, pudiendo ser dependiendo de los factores del lugar o de los materiales disponibles en la zona, una estabilización mecánica con mezclas de distintos suelos, una estabilización haciendo uso de geo sintéticos, o una estabilización química con la adición de cal, cemento, u otro aditivo. En casos de mucha complejidad se debiera cambiar incluso el trazado de la vía que permita al final del proyecto una adecuada propuesta económica y técnica.

Clasificación de los Suelos:

Los suelos en la ingeniería civil se clasifican de acuerdo a la utilización de este en determinada función que ha de cumplir o formar parte de ella, entre los más utilizados tenemos el Sistema de Clasificación de Suelos Unificado o también conocido como método SUCS que corresponde cuando las solicitaciones del suelo son requeridas para ser aplicados a cimentaciones o soporte de cargas y el sistema de clasificación de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte conocido como AASHTO.

Sistema de clasificación SUCS:

Esta clasificación se basa en la gradación de las partículas que componen el suelo y en los límites de Atterberg (límite líquido plástico y límite líquido). Esta clasificación utiliza los símbolos de grupo que son prefijos que designa la composición de un suelo un sufijo que matiza las propiedades de este, a continuación, se presenta los símbolos prefijos y sufijos con su respectivo significado:

Tabla 3: clasificación de suelos SUCS.

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobremente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

Fuente: Manual De carreteras. tomo II. EG 2013

A partir de los símbolos mostrados en la tabla anterior se establecen diversas combinaciones que definirán cada tipo de suelo:

SÍMBOLO	Características generales		
GW	GRAVAS (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
GP			Pobremente graduadas
GM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
GC			Componente arcilloso
SW	ARENAS (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
SP			Pobremente graduadas
SM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
SC			Componente arcilloso
ML	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50)	
MH		Alta plasticidad (LL>50)	
CL	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50)	
CH		Alta plasticidad (LL>50)	
OL	SUELOS ORGÁNICOS	Baja plasticidad (LL<50)	
OH		Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

A.A.S.H.T.O: esta clasificación se inspiró en los límites de Atterberg que utiliza la copa de Casagrande y divide a los suelos en siete tipos que se enumeran desde el A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7, además estos tipos de suelos se subdividen, así, el suelo A-1 y el A-7 tienen dos subgrupos cada uno de ellos, el suelo A-2 tiene cuatro subgrupos.

Para la determinación de la ubicación de un suelo relativamente dentro de cualquiera de estos grupos, se necesita introducir el término “índice de grupo” que se representa por las siglas IG, este índice se expresa como un número entero entre un valor de 0 a 20, esto se realiza en función de la cantidad de suelo que pase por la malla #200 expresado en porcentaje.

$$\mathbf{IG = 0.20 a + 0.005 a c + 0.01 b d}$$

Donde;

- **IG:** índice de grupo
- **a** = % por encima de 35 al suelo que pasa por malla #200 sin que llegue a pasar de 75, se expresa en valores enteros entre 0 y 40.
- **b** = % por encima de 15 al suelo que pasa por malla #200 sin que llegue a pasar de 55, se expresa en valores enteros entre 0 y 40.
- **c** = representa el exceso del valor de límite líquido por encima de 40 y que no sobrepasa a 60, se expresa en valores enteros entre 0 y 20.
- **d** = representa el exceso del valor de índice de plasticidad por encima de 10 y que no sobrepasa a 30, se expresa en valores enteros entre 0 y 20.

Tabla 4: clasificación de suelos A.A.S.H.T.O

DIVISIÓN GENERAL	Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)							Materiales Limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
GRUPO	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Subgrupo												
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)												
Serie ASTM	#10	≤ 50										
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)												
Límite líquido			NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	>41 (IP<LL-30)	>41 (IP>LL-30)
Índice de plasticidad	≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 20		≤ 20		
TIPOLOGÍA	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA						ACEPTABLE A MALA					

Fuente: Manual De carreteras. tomo II. EG 2013

La plasticidad:

Esta característica del suelo corresponde a su estabilidad hasta cierto valor de su humedad sin que este se disgregue, por lo tanto, esta característica fundamentalmente dependerá de las partículas finas del suelo y no de las partículas gruesas que este contiene. Un estudio de la gradación del suelo no logra apreciar la plasticidad de este, por lo que es necesario realizar ensayos que permitan definir los límites de consistencia o también llamados límites de Atterberg.

Estos límites de consistencia, permiten establecer con mucha sensibilidad el comportamiento que presenta el suelo en relación con la cantidad de agua que contiene es decir su contenido de humedad. Se definen tres tipos de consistencia en un suelo de acuerdo a su contenido de agua:

- consistencia líquida

- consistencia plástica
- consistencia solida

Los límites de consistencia son los siguientes:

- limite liquido: es el estado del suelo cuando este pasa de semiliquido a uno plástico y en esos momentos pueden ser moldeados.
- limite plástico: es el estado del suelo cuando este pasa de plástico a uno semisólido y en esos momentos se resquebraja.
- límite de contracción: también llamado límite de retracción considera al cambio desde un estado del suelo semisólido a un estado sólido, y este suelo ya no se puede contraer debido a la falta de humedad.

Para determinar cada uno de ellos se establecen los ensayos normados por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones,

- Ensayo MTC EM-110 para determinar el limite liquido (LL)
- Ensayo MTC EM-111 para determinar el limite plástico (LP)
- Ensayo MTC EM-112 para determinar el límite de contracción (LC)

Además de los valores del Limite liquido (LL) y el límite plástico (LP), también podemos determinar el Índice de Plasticidad mediante el ensayo MTC EM-111 el cual en detalle se expresa en la siguiente formula:

$$IP = LL - LP$$

El valor del índice de plasticidad es primordial porque determina el intervalo de las humedades de un suelo cuando este posee una consistencia plástica y moldeable que garantiza una clasificación buena y exacta del suelo. Cuanto más elevado sea el valor del Índice plástico entonces el suelo será muy arcilloso y si por el contrario el valor del índice plástico es bajo entonces el suelo es poco arcilloso. Se clasifican según lo siguiente:

Tabla 5: *índice de Plasticidad.*

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual De carreteras. tomo II. EG 2013

El ensayo CBR (Californian Bearing Ratio)

Corresponde a la evaluación de la capacidad portante de terreno compactados y se realiza bajo el procedimiento según el ensayo MTC EM-132. Al determinar el CBR de un suelo por tanto se está determinando la resistencia del suelo y estará referido al 95 % de su grado de compactación de la máxima densidad seca (MDS) además de un valor de penetración de carga igual a 2.54 mm. El valor del CBR se representa en porcentaje.

Después de determinar el CBR de diseño en cada uno de los sectores con características similares, se clasifica a cual de las categorías de subrasante corresponde dicho sector de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 6: *Categorías de subrasante*

Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de carreteras del MTC, 2013

Características de la zona de estudio

La zona del estudio se presenta a continuación de manera siguiente:

La localización: Unión del Sur es parte del distrito de Nuevo Chimbote y sus límites son los siguientes distritos:

- Por el norte: Chimbote
- Por el Sur: Nepeña y Samanco
- Por el oeste con el océano Pacífico.

Topografía:

El nivel de Unión del Sur se encuentra desde la cota 10 msnm al lado izquierdo del río Lacramarca hasta el nivel de cota 50 msnm hacia el sureste del distrito de Nuevo Chimbote, hasta llegar a las cercanías de cerro Medano Negro cuya cota de la cima es de 300 msnm.

Clima:

Unión del Sur posee un clima subtropical, del tipo desértico y son escasas las precipitaciones por no decir inexistentes a lo largo del año. Su temperatura varía entre el rango de los 28°C en época de verano y los 13°C en temporada de invierno. La estación de verano, típica en una zona costera peruana, es corta, muy caliente, árida y nublada por las mañanas y la estación de invierno es casi siempre larga, fresca, parcialmente nublada y seca. En el transcurso del año generalmente las temperaturas varían entre 15°C y 24°C, aunque algunas raras veces disminuye por debajo de los 13°C o sube por encima de los 27°C.

Suelos:

Los suelos de Unión del Sur presentan una capa superficial compuesta de arenas eólicas, de estudios geológicos se determina que el estrato superior del suelo de 20 m está compuesto por arena gruesa y fina pobremente graduada o mal graduada, con presencia de pequeñas cantidades de elementos finos como la arcilla. El nivel freático de Unión del Sur se encuentra a una profundidad a partir de los 16 m y respecto a la resistencia del suelo reflejada en la capacidad portante del terreno es bueno ya que sus valores se ubican en un intervalo de 1.4 a 2.0 kg/cm².

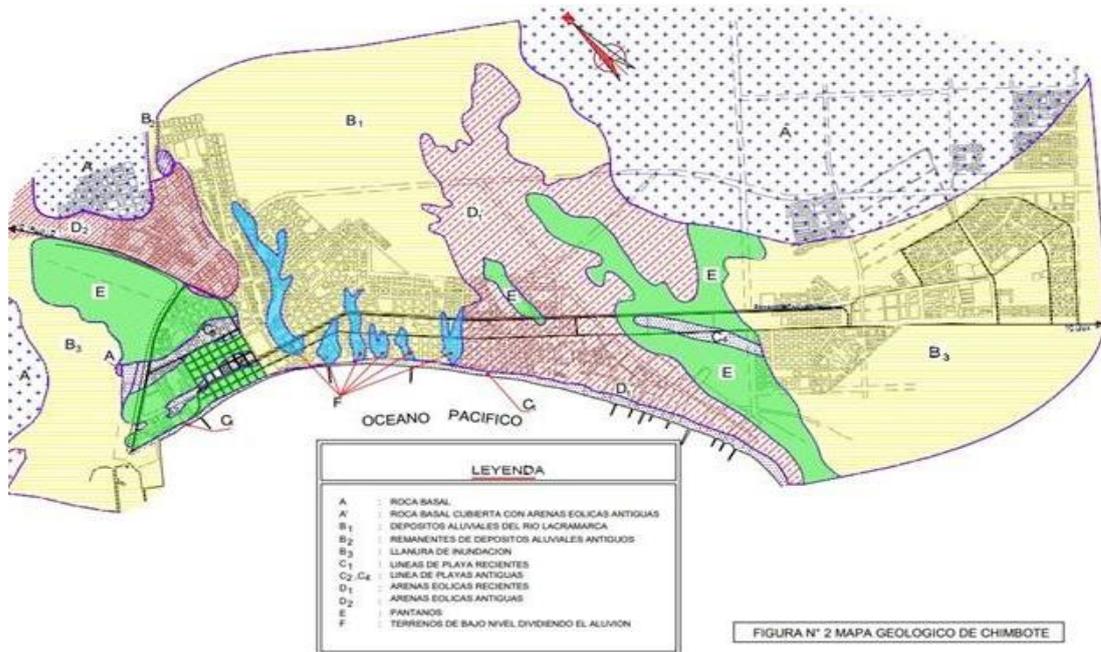


Figura 7: Mapa de uso de suelos en Chicla.

Visita in situ de la zona de estudio:

Se realizó una visita de inspección a la zona de estudio para obtener datos del suelo: topografía, y características del suelo, así como su estado actual.

Determinando que el terreno es mayormente plano y las calles en su totalidad no están pavimentadas, su superficie presenta arenas eólicas, dichas visitas sirvieron para realizar también el registro fotográfico de la zona de estudio y su estado actual, cihas evidencias se presentan en anexos.

Muestreo de suelo

El muestreo del suelo de Union del Sur se realizó mediante la ejecución de excavaciones a cielo abierto 3 calicatas. La toma de muestras se realizará en el Asentamiento Humano Unión del Sur, para ellos se tomará grupos control (compactación con agua) y grupos experimentales (compactación con agua de mar)

En el caso dela recolección de la muestra del agua de mar, el investigador determinó un lugar idóneo de la playa, teniendo en cuenta la proximidad y fácil acceso, para nuestro caso se contó con una salida al mar a 10 minutos en colectivo desde la zona de investigación hacia la playa para recoger la muestra.

Ensayo de muestras

El suelo obtenido en el paso anterior fue transportado en sacos de yute, los cuales se rotularon con el nombre del Tesista e identificación de la calicata, hasta la Universidad San Pedro urbanización los Pinos – Chimbote con destino final el Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP (LMSUSP) en donde se efectuaron las distintas pruebas y ensayos para determinar sus valores de propiedades físicas y propiedades mecánicas.

Evaluación de las propiedades mecánicas

Las muestras se sometieron a análisis de acuerdo a los procedimientos descritos en la normatividad ASTM, AASHTO y MTC como detallamos a continuación:

- Determinación de la humedad natural del suelo: Especificaciones indicadas en la norma ASTM D—2216, MTC E-108.
- Análisis granulométrico por tamizado : Especificaciones indicadas en la norma ASTM D- 422, MTC E-107. AASHTO T 27-88.
- La determinación del límite líquido en los suelos: Especificaciones indicadas en la norma ASTM D-4318, MTC E-110.
- La determinación del límite plástico e índice de plasticidad: Especificaciones indicadas en la norma ASTM D-4318, MTC E-111.
- Determinación de la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad mediante el ensayo de proctor modificado : Especificaciones indicadas en la norma ASTM D-1557, MTC E 115.
- Determinación de la resistencia al corte (esfuerzo cortante) mediante el ensayo de CBR.: Especificaciones indicadas en la normatividad ASTM D-1883, MTC E 132.

2. Justificación de la investigación.

El objeto de estudio de la presente investigación es el agua de mar y esta contiene distintas sales disueltas, entre las cuales el 80% de ellas corresponden a los cloruros de sodio principalmente y es una fuente inagotable y económica de este producto, es este elemento constituyente abundante en el agua de mar es que podría ayudar a estabilizar el suelo de Unión del Sur de forma muy económica y

sencilla, sin el uso de materiales costosos como los aditivos comerciales.

El Cloruro de Sodio (NaCl) es un compuesto formado por cristales que son fácilmente solubles en agua, estos cristales tienen la propiedad de atraer y mantener el agua en su estado líquido o en vapor; debido a esta composición la sal común sirve como enlace en las partículas que constituyen el suelo natural.

La presente investigación tiene como objetivo determinar cómo varía favorablemente en sus valores de las distintas propiedades del suelo arenoso de la zona de Unión del Sur, los cuales serán determinados mediante los ensayos respectivos; cuando se hace uso del agua de mar como aditivo estabilizante ya que es una fuente inagotable, del cloruro de sodio y a bajos costos. Estas conclusiones cuantitativas permiten presentar una alternativa de uso y aplicación en obras civiles, específicamente construcción de vías pavimentadas, y que este uso sea replicado en zonas costeras con el tipo de suelo arenoso y que cuenten con fácil acceso al mar.

3. Problema

Realidad problemática

La presente disertación analiza el comportamiento de suelos potencialmente expansivos, mezclados con Agua de mar. Se busca evaluar la influencia del Agua de Mar en las características mecánicas y físicas, buscando en todos los casos que presenten adecuadas características o propiedades mecánicas luego de su estabilización como un suelo para subrasante, y evitar los posibles daños a las estructuras que luego son muy difíciles de reparar y que pueden significar una gran pérdida económica.

Formulación del problema

La presente investigación es de carácter local por eso plantea el problema de la siguiente manera:

¿Cuál es el efecto del agua de mar, en la estabilización de suelos del AA.HH. Unión del Sur-Nuevo Chimbote?

4. Conceptuación y la operacionalización de variables:

Tabla 7: *Variable dependiente:*

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Estabilización de suelos	Mejora de las condiciones mecánicas y físicas de un suelo usando algún elemento o aditivo que eleva la capacidad y desempeño de carga de una sub rasante.	Proctor C.B.R. Densidad

Tabla 8: *Variable independiente:*

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Agua de mar	En un elemento líquido que se compone principalmente de sales inorgánicas como el cloruro de sodio, el agua de mar es salada por que presenta una alta cantidad de sales disueltas.	Porcentaje de cloruro de sodio.

5. Hipótesis

Al utilizar agua de mar se estabilizaría el suelo arenoso del A.A. H.H. Unión del Sur-Nuevo Chimbote.

6. Objetivos:

Objetivo general:

Determinar la estabilización de suelos utilizando agua de mar, caso A.A. H.H. Unión del Sur-Nuevo Chimbote

Objetivos específicos:

- Identificar las características naturales y clasificar al suelo del sitio en estudio. Analizar las características naturales del agua de mar, como el contenido de NaCl.
- Determinar el capacidad portante mediante el ensayo de Proctor modificado y el CBR al 95% y 100% .
- Analizar los resultados obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio.

II. METODOLOGÍA

Tipo y diseño de investigación:

Tipo de investigación:

El tipo es Correlacional, ya que se evalúa y explica la relación entre las variables dependiente e independiente y se pretende responder la pregunta de la investigación

Teniendo como respuesta que el agua de mar influye en la estabilización de suelos. La adición de agua de mar en un 3 %, 6% y 9% logra estabilizar el suelo, alcanza mejorar las propiedades mecánicas del suelo, aumentando la capacidad de carga de los suelos arenosos del AA.HH Unión del Sur-Nuevo Chimbote-Ancash

Diseño de investigación:

El diseño es experimental a nivel de laboratorio, Debido a que se manipulo el suelo convencional para analizar sus posibles resultados mediante estudios realizados en el laboratorio de la universidad San Pedro, Y así permitir la comparación de resultados (patrón y experimental) mediante la adición de agua de mar (variable independiente) al suelo convencional con las diversas proporciones el cual ha sido factor determinante en los la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

Unidad experimental

Fue una mezcla homogénea de suelo natural y suelo modificado, según lo especificado para cada grupo experimental (tratamiento).

Tratamientos

S : Suelo arenoso

W : Agua

WS : Agua de mar

Tabla 8: *diseño muestral*

Tratamientos	Proporción Peso
T1: Grupo Control	S + W
T2: Grupo Experimental 1	S + WS

Población y muestra:

Población

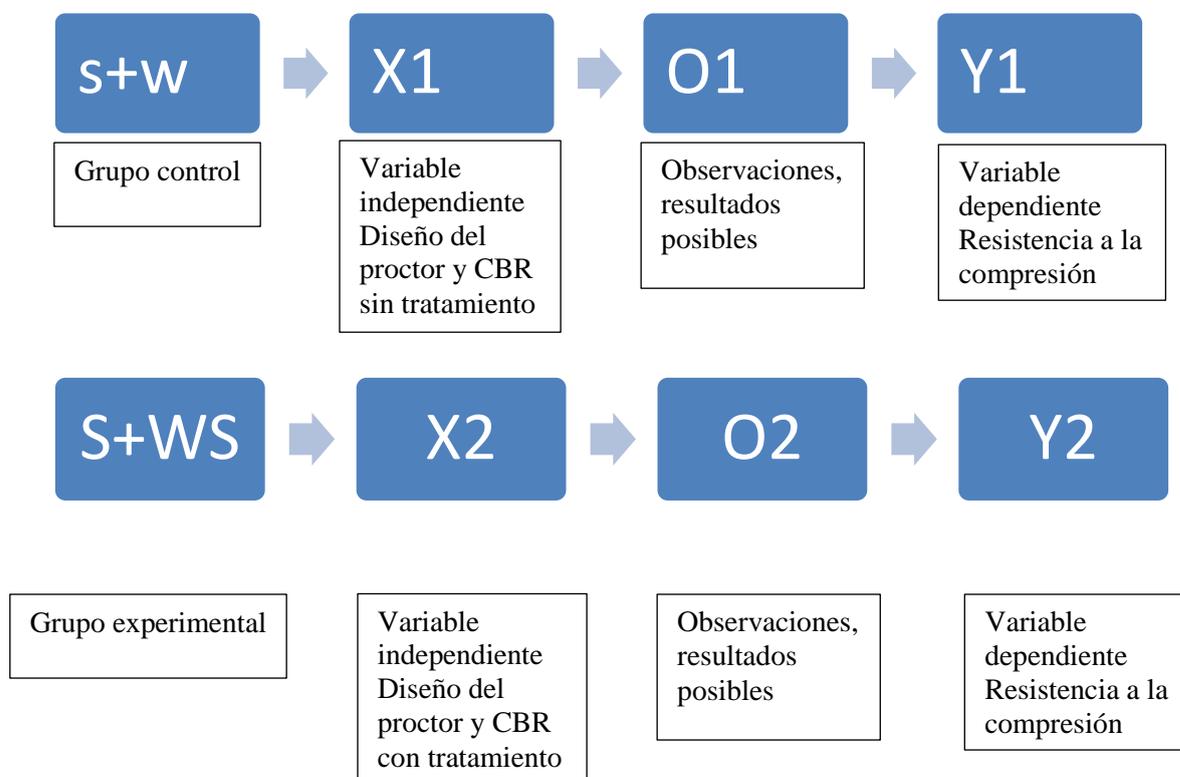
La población objeto de estudio fue el conjunto de suelo natural tipo arenoso del AA.HH Unión del Sur-Nuevo Chimbote-Ancash

Muestra

Es una muestra representativa de la población que se realizan para estudiar determinados caracteres, partiendo de la observación de una fracción de la población considerada.

Para la muestra en el presente trabajo de investigación de tesis, se realizó la excavación a cielo abierto de 02 calicatas tomadas de la población de las cuales se tomo 01 muestra de cada calicata para realizar los ensayos respectivos sin adición de agua de mar, luego una muestra de cada calicata para los ensayos respectivos adicionando agua de mar, al realizar el análisis de los datos obtenidos se tuvo presente el calculo del valor del CBR para hallar la capacidad de soporte de un suelo arenoso con la adición del agua de mar en un 3 %, 6% y 9%

• Esquema :



Donde:

S+W: Muestra de diseño de mezcla sin tratamiento con agua de mar

S+WS: Muestra de diseño de mezcla con tratamiento con agua de mar

X1: variable independiente, diseño del proctor y CBR con agua potable

X2: variable independiente, diseño del proctor y CBR con agua de mar

III. RESULTADOS

a). CALICATA - 1 - MUESTRA – 1 – TERRENO NATURAL:

- **Análisis granulométrico por tamizado**

El análisis granulométrico de un suelo consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen.

- según clasificación de suelos (aashto) La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes. El suelo se clasifica en, A-3 Arena fina.
- según el sistema de clasificación de suelos unificado "U.S.C.S." El suelo se clasifica, Arena mal graduada SP

- **Contenido de humedad**

El resultado realizado en el laboratorio es:

- Contenido de humedad % 0.28

- **Límites de consistencia**

Los límites se basan en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden existir cuatro estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en estado sólido cuando está seco. Al agregársele agua poco a poco, va pasando sucesivamente a los estados de semisólido, plástico y, finalmente, líquido. Los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg. Lo cual se realizó a las siguientes canteras.

El resultado realizado en el laboratorio es:

- Limite liquido NP
- Limite plástico NP
- Índice de plasticidad NP

- **Proctor modificado**

El ensayo consiste en compactar una porción de suelo en un cilindro con volumen conocido, haciéndose variar la humedad para obtener la curva que relaciona la humedad y la densidad seca máxima a determinada energía de compactación.

Resultados de ensayo:

Contenido Optimo Humedad **6.9 %** Máxima Densidad Seca **1.588 g/cm³**

- **Resultados de CBR**

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables

CBR al 100% de la Máxima densidad seca (%) 26.80 CBR al 95% de la

Máxima densidad seca (%) 17.70

b). CALICATA - 2 - MUESTRA – 1 – TERRENO NATURAL:

- **Análisis granulométrico por tamizado**

➤ según clasificación de suelos (AASHTO) La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes. El suelo se clasifica:

-A-3 Arena fina.

➤ Según el sistema de clasificación de suelos unificados "U.S.C.S." El suelo se clasifica:

-Arena mal graduada SP

- **Contenido de humedad**

El resultado realizado en el laboratorio es:

➤ Contenido de humedad % 0.28

- **Límites de consistencia**

El resultado realizado en el laboratorio es:

➤ Limite liquido NP

➤ Limite plástico NP

➤ Índice de plasticidad NP

- **Proctor modificado - patrón**

Contenido Optimo Humedad **6.7 %** Máxima Densidad Seca , **1.563 g/cm³**

- **Resultados de CBR**

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables.

CBR al 100% de la Máxima densidad seca (%)	20.90
CBR al 95% de la Máxima densidad seca (%)	14.70

- **Densidad de campo con Speedy**

La densidad de campo es la comparación de los valores obtenidos en el laboratorio como la densidad del proctor, y con estos datos se corrobora un control de la compactación en campo, conocido como Grado de Compactación, que se define como la relación en porcentaje, entre la densidad seca obtenida por el equipo en el campo y la densidad máxima correspondiente a la prueba de laboratorio.

Grado de compactación.

Porcentaje de compactación

M-1=79.36 M-2=75.22

- **Ensayo de corte directo de la muestra patrón**

El ensayo de corte directo consiste en hacer deslizar una porción de suelo, respecto a otra a lo largo de un plano de falla predeterminado mediante la acción de una fuerza de corte horizontal incrementada, mientras se aplica una carga normal al plano del movimiento.

Cohesión	0.006 kg/cm ²
Ángulo de fricción interna	27.69 °

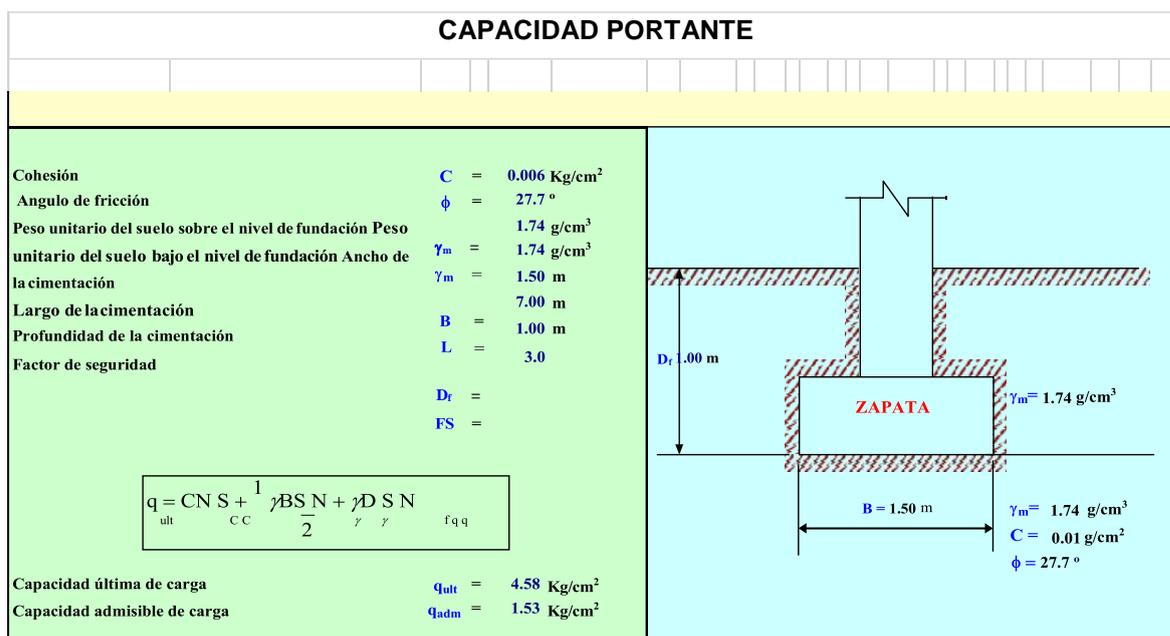


Figura 8: Capacidad admisible del suelo natural

c). CALICATA-1 – M-1 TERRENO NATURAL+ AGUA DE MAR:

• **Proctor modificado**

Contenido Optimo Humedad **6.8 %** Máxima Densidad Seca **1.588 g/cm³**

• **Resultados de CBR**

CBR al 100% de la Máxima densidad seca (%) 36.80 CBR al 95% de la
Máxima densidad seca (%) 26.30

d). CALICATA-2 – M-1 TERRENO NATURAL+ AGUA DE MAR:

• **Proctor modificado**

Contenido Optimo Humedad **6.1 %** Máxima Densidad Seca , **1.520 g/cm³**

• **Resultados de CBR**

CBR al 100% de la Máxima densidad seca (%)

29.70 CBR al 95% de la Máxima densidad seca

(%) 21.00

- **Densidad de campo con Speedy**

Grado de compactación

Porcentaje de compactación

M-1=85.06 M-2=86.79

- **Ensayo de corte directo de la muestra experimental**

Cohesión 0.001 kg/cm²

Ángulo de fricción interna 29.82 °

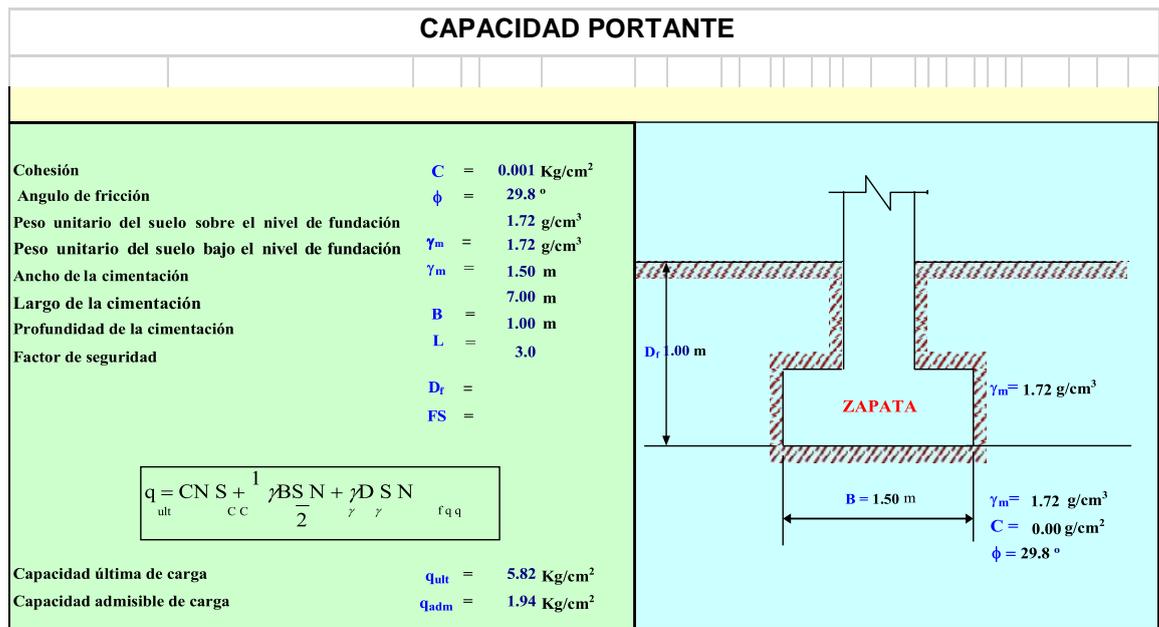


Figura 9: Capacidad admisible del suelo natural

IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN

En el presente punto se enfoca al análisis de los datos obtenidos durante la recolección de muestras y pruebas de laboratorio realizadas

- **Propiedades Físicas:** las características de suelo que determinamos fueron las siguientes:

Granulometría

Al analizar el suelo de las dos calicatas mediante el sistema de clasificación de suelos unificado S.U.C.S. se concluye que presenta las mismas propiedades arena mal graduada SP. En la parte de anexos de este trabajo de titulación se encuentran los informes completos de estos ensayos con su respectiva curva granulométrica.

Humedad

Ensayo realizado de acuerdo a las normas ASTM D 2216, los datos de humedad del suelo natural tomadas en campo se presentan en el siguiente gráfico, Los informes completos de los ensayos se encuentran disponibles en la parte de anexos de este trabajo de investigación.

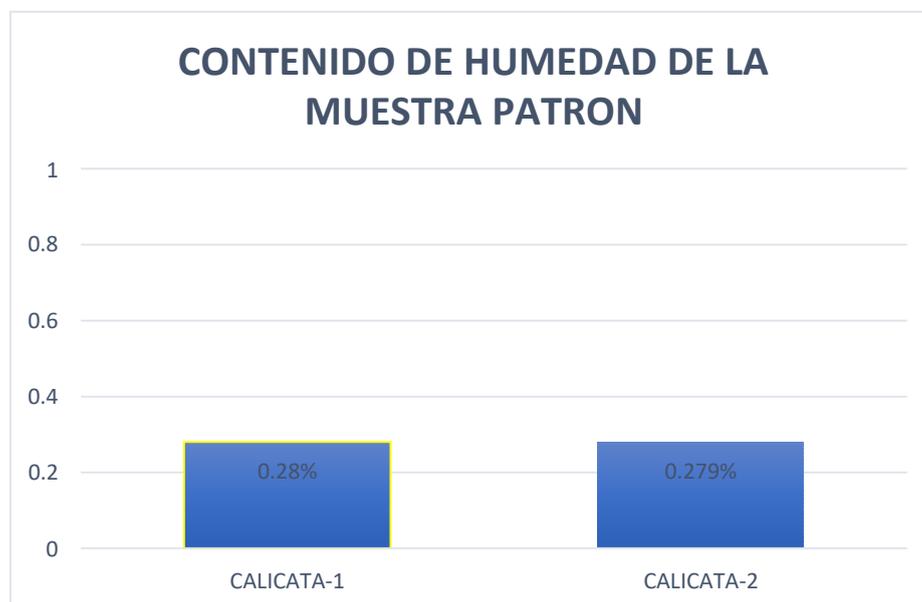


Figura 10: Resultados del contenido de humedad del terreno natural.

- **Propiedades Mecánicas:** Se realizaron los diferentes ensayos a fin de determinar las propiedades de resistencia, estos comprendieron las siguientes pruebas: Ensayo Proctor modificado, determinación de C.B.R. y ensayo de corte directo.

Ensayo proctor.

El ensayo Proctor se realizó en paralelo al de capacidad de carga, para su ejecución se tomaron como referencia las tres siguientes dosificaciones con agua de mar: 3, 6 y 9 por ciento. En cuanto al ensayo Proctor praton(sin tratamiento con agua de mar), los parámetros fueron los mismo. A continuación se muestran los datos de densidades secas máximas y humedades óptimas de compactación

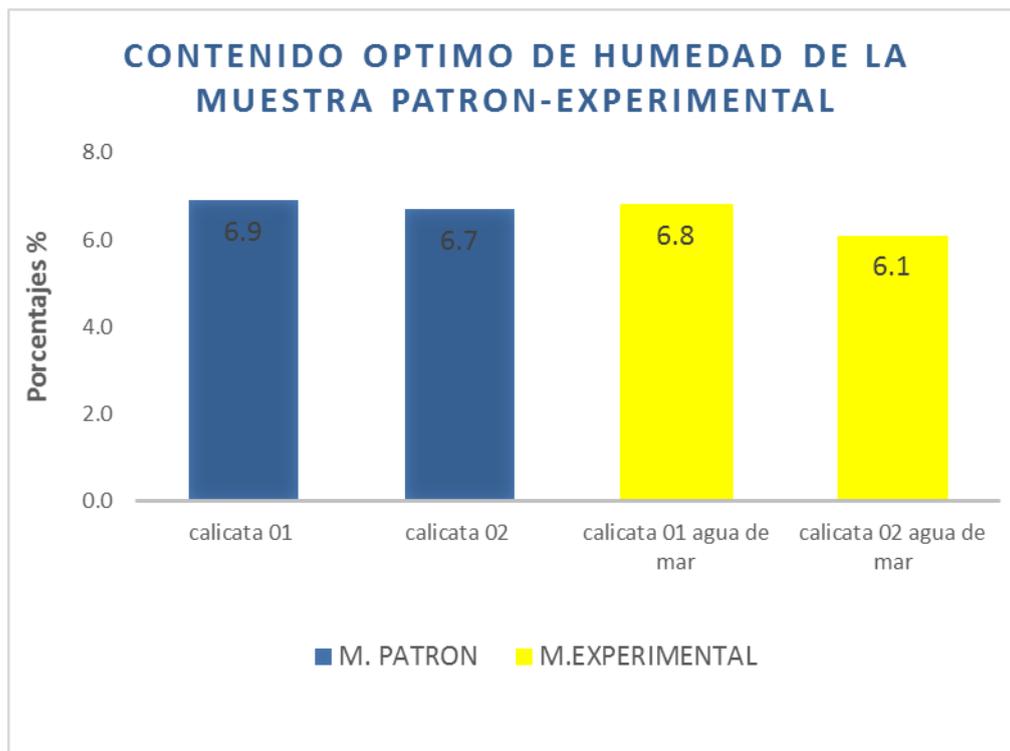


Figura 11: Contenido óptimo de humedad del proctor de la muestra patrón vs Experimental

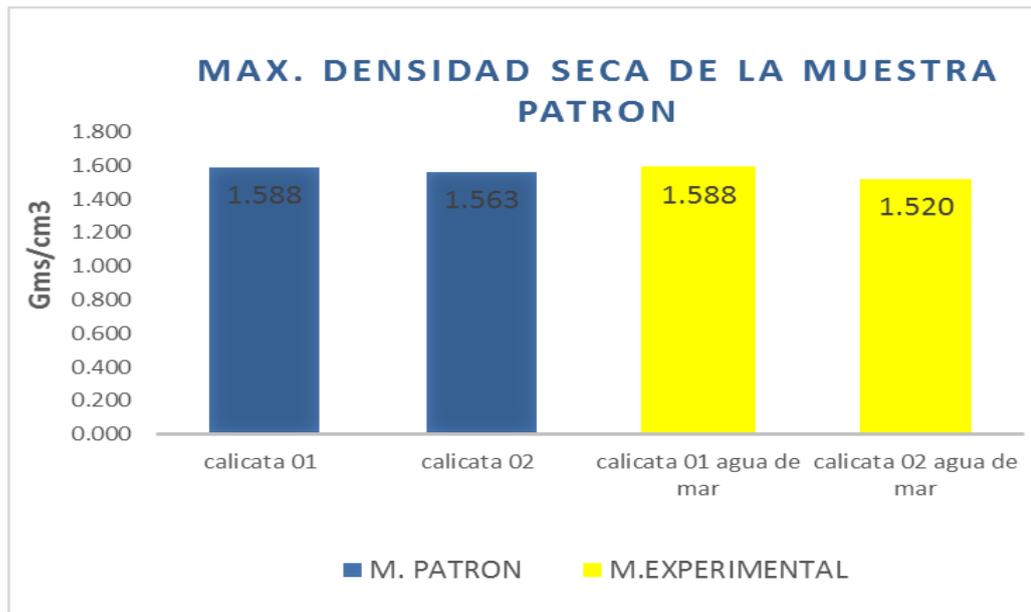


Figura 12. Máxima densidad seca del proctor de la muestra patrón vs Experimental.

Capacidad de Carga.

Se consiguió un aumento en las humedades óptimas de compactación con agua de mar, los datos del ensayo se presentan en la tabla. Los informes completos de los ensayos se encuentran disponibles en la parte de anexos de este trabajo de investigación.

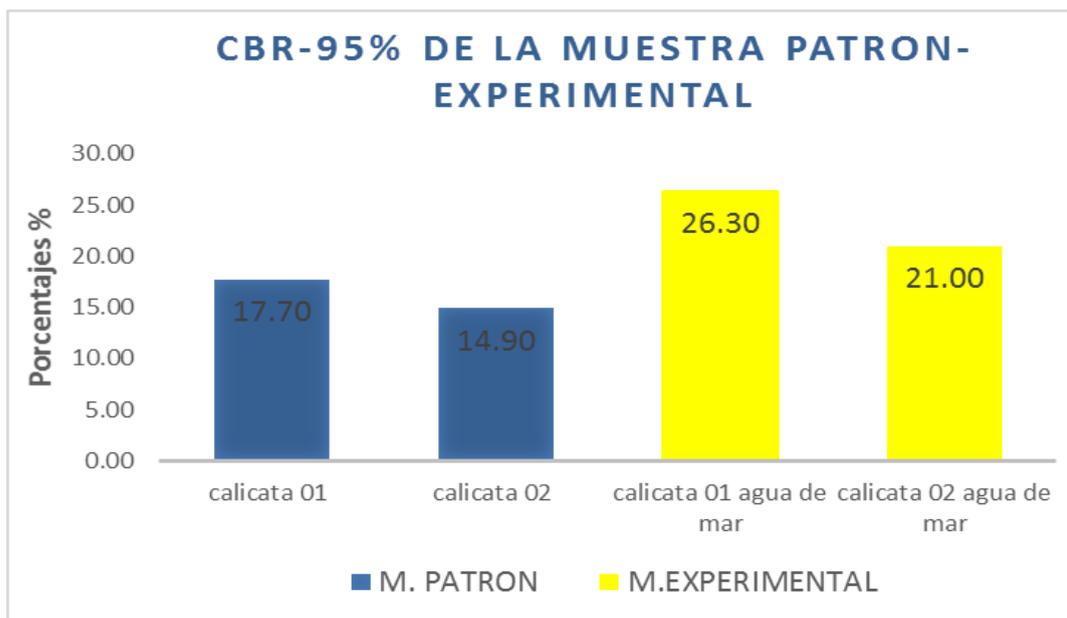


Figura 13: Resistencia del suelo al 95% de la muestra patrón vs experimental.

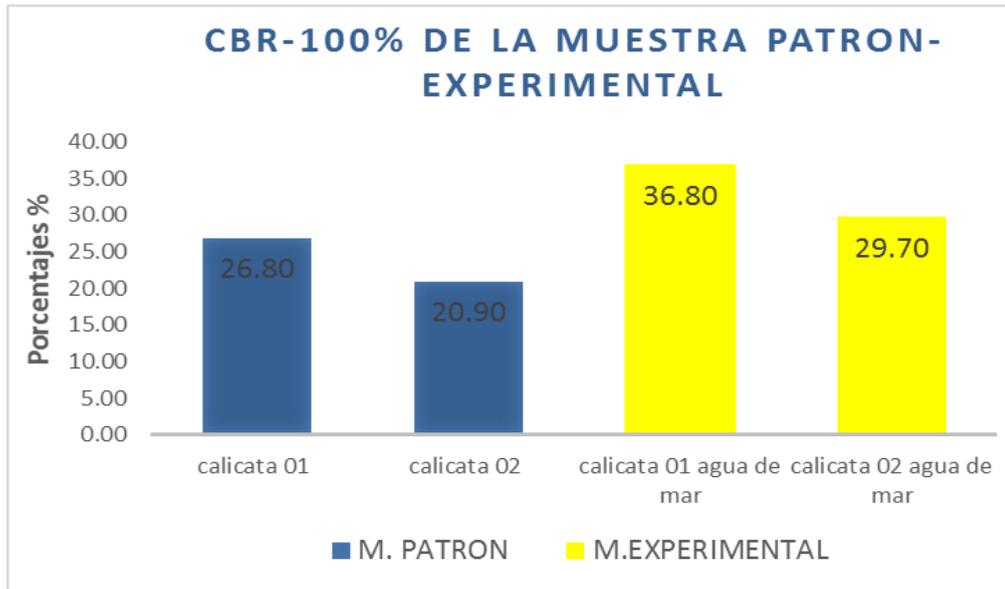


Figura 14: Resistencia del suelo al 100% de la muestra patrón vs experimental.

Densidad de campo con speede.

La tabla muestra la variación en la compactación del suelo al agregarle agua de mar, observándose claramente que la resistencia a la compresión aumento.

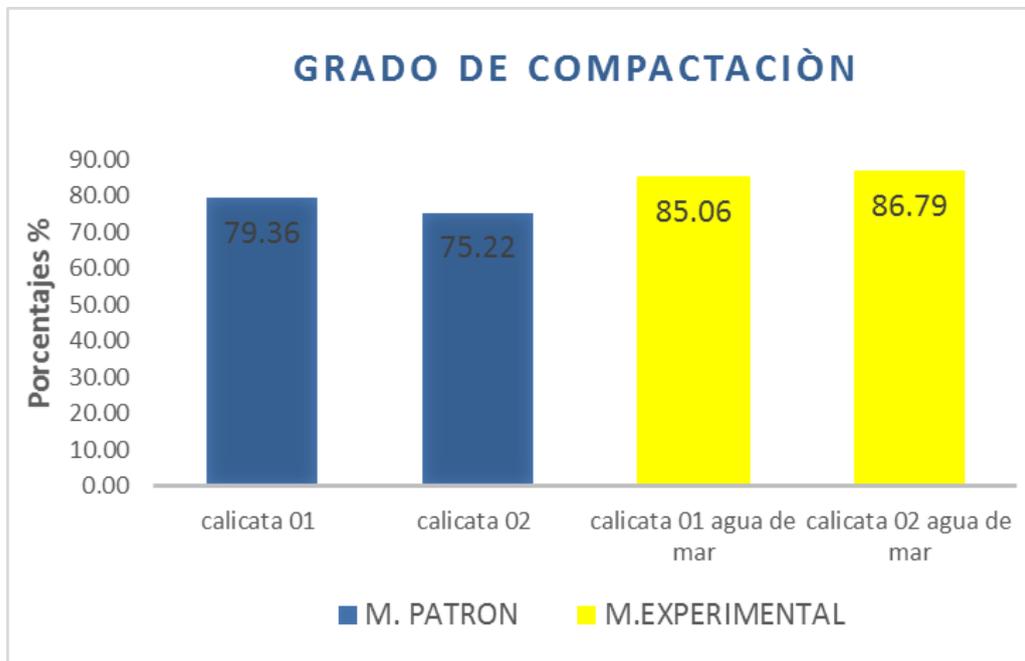


Figura 15: Resultados de una muestra motor de compactación del suelo natural y experimental

Se realizó los cálculos para encontrar la Capacidad admisible de suelo natural y experimental basándonos en un diseño convencional.

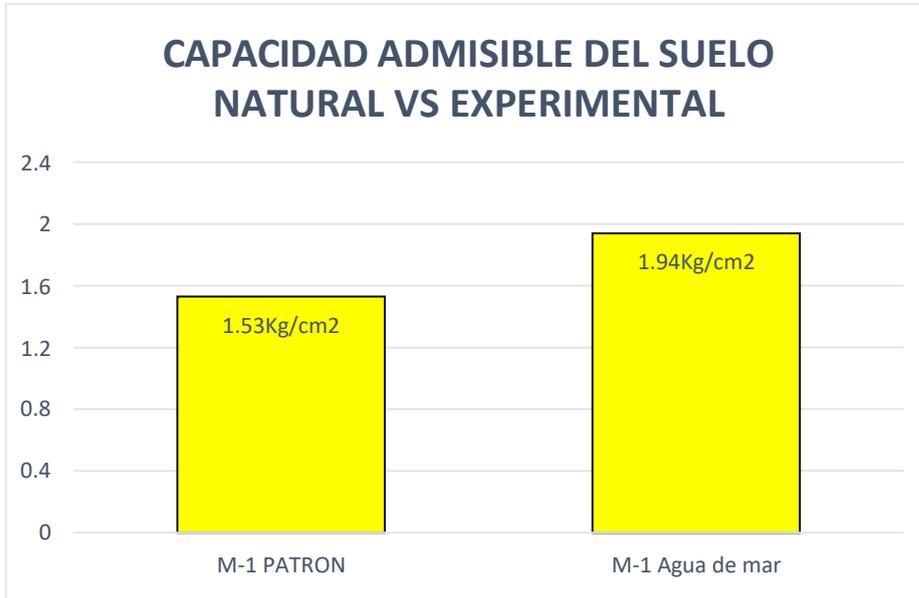


Figura 16: Capacidad admisible del suelo natural y experimental.

Contribución de la Estabilización con agua de mar.

Pueden existir métodos que aunque sean más efectivos demanden en gastos mayores a los planeados. El cloruro de sodio propio del agua de mar dio resultados satisfactorios en la mayor parte de las propiedades que se tomaron como base para la realización de este proyecto de investigación.

El cloruro de sodio aumenta el tiempo de evaporación considerablemente en la muestra de suelo. Es decir el suelo se mantiene por mayor tiempo húmedo gracias a que forma una capa superior que impide la evaporación de la humedad contenida a mayor profundidad en la muestra de suelo, La adición de cloruro de sodio es un método para reducir la evaporación en los suelos, ya que atrapa la humedad que la rodea al crear una capa en la parte superior de las capas compactadas con agua de mar y ayuda a obtener un mejoramiento en la densificación.

V. CONCLUSIONES

Al evaluar la calicata 1 y 2 del terreno natural se clasifica según sistema de clasificación de suelos AASHTO A-3 arena fina y según sistema de clasificación de suelos unificado S.U.C.S. se clasifica una arena mal graduada SP, por lo tanto ambas calicatas tiene las mismas características físicas.

La capacidad de soporte en el terreno natural de la calicata 1 y 2 al 95% alcanza una resistencia del suelo de 17.70 % y 14.90 %, mientras que al agregarle agua de mar al suelo en la calicata 1 y 2, obtenemos los siguientes resultados 26.30 % y 21.00 %, eso quiere decir que al agregarle el agua de mar aumenta su capacidad de soporte promedio es de un 7%.lo cual lo hace dentro de la categoría de subrasante como muy buena según la tabla 05 publicada por el manual de carreteras tomo II EG 2013.

La capacidad de soporte en el terreno natural de la calicata 1 y 2 al 100% alcanza una resistencia del suelo de 26.80 % y 20.90 %, mientras que al agregarle agua de mar al suelo en la calicata 1 y 2, obtenemos los siguientes resultados 36.80 % y 29.70 %, eso quiere decir que al agregarle el agua de mar aumenta su capacidad de soporte promedio en un 10%. lo cual lo hace dentro de la categoría de subrasante como excelente según la tabla 05 publicada por el manual de carreteras tomo II EG 2013.

Al realizar una compactación empírica con agua potable de la zona a nivel de sub rasante, en dos puntos estratégicos procedemos a verificar el grado de compactación, obteniendo como resultados promedio de 77.28%, mientras que agregando agua de mar se obtiene como resultados 85.92% aumentando en un 8%, según las normativas el grado de compactación para una sub rasante debe ser 95%, pero debemos tener en cuenta que la compactación se realizó en forma empírica.

Analizando finalmente el suelo tratado con agua de mar mejora sus propiedades físicas y mecánicas, por tal razón decidimos realizar una muestra convencional con fines de cimentación y obtuvimos como resultado que el agua de mar también mejora su capacidad admisible del suelo.

El cloruro de sodio aumenta el tiempo en que una muestra de suelo Pierde

humedad. Esto se debe a que la humedad contenida en la parte superior del suelo se ha perdido y ocasiona que el cloruro de sodio forme una capa superior que impide la evaporación de la humedad contenida a mayor profundidad en la muestra de suelo.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda Profundizar esta investigación evaluando la composición química y de Agua de mar, así como del suelo empleados en este estudio, con el fin de explicar con mayor certeza los fenómenos que están ocurriendo al interactuar estos materiales.

Se recomienda la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en esta importante vía, para minimizar los gastos en reparaciones, debido a términos económicos es más viable conservar que reparar.

Debe llevarse a cabo un control estricto a las intervenciones realizadas por empresas públicas y privadas en las vías de Unión del Sur-Nuevo Chimbote-Ancash, para regular la calidad de los trabajos y así evitar futuras patologías a causa de dichas intervenciones.

En base a los resultados obtenidos en este trabajo y en la tabla de categorías de subrasante que hemos citado, se demuestra que es el suelo tratado con agua de mar es excelente para cualquier tipo de pavimento.

profundizar y analizar a nivel de estudio de campo, la aplicación in situ con varios porcentajes de Agua de mar en un tramo de carretera que presente el tipo de suelo evaluado, y analizar la resistencia al corte mediante ensayos de C.B.R., sin dejar de lado parámetros como: la humedad natural del suelo, límites de consistencia y otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aiassa, G. & Arrúa, P. (2007). Diseño de mezclas de suelo compactado para la construcción de terraplenes. p. 51-61. Medellín, Colombia: revistaEIA,número7.
- Ángel Sampedro Rodríguez. (2005). tratamientos de suelos con cal. planteamiento general, diseño y control de calidad. Madrid-España: asociación nacional de fabricante de cal y derivados de España
- Barros M.C., Bello P.M., Bao M., Torrado J .J . (2007). From waste to commodity: transforming shells into high purity calcium carbonate.
- Botasso, H., Fensel, E. & Ricci, L. (2003). Estabilizantes Iónicos de suelos para la construcción.
- Carrillo-Gil, A., (1978), Características de los Suelos Tropicales del Perú, Revista Latinoamericana de Geotécnia, Vol. IV, N ° 4 pp.207-216, Caracas-Venezuela.
- Carrillo-Gil A., Carrillo E., Cárdenas J. Propiedades de los Suelos Tropicales del Perú. Revista geotécnica de los suelos peruanos.
- Das B. (1999). Fundamentos de ingeniería geotécnica. México: Thomson Learning.
- De Vries, J. & Miranda L. (2003). Construcción Sostenible en el Perú. Revista Sustainable Construccion, No. 2.
- Gimenez, B. 1990. Estudo Comparativo Do Comportamento De Um Solo Saprolitico E De Um Solo Lateritico Estabilizados Com Cal; Tese De Mestrado em Engenharia - Escola Politecnica, Usp, Sao Paulo, Brasil.
- Higuera C., Gómez J., Pardo O. (2012). Caracterización de un suelo arcillosa tratado con hidróxido de calcio. Revista Facultad de Ingeniería, UPTC, Vol. 21, No 32.
- Thenoux, G. & Carrillo, H. (2002). estudio para la utilización de cenizas provenientes de la caldera cogeneradora petropower en la estabilización de suelos. Chile: 6° Congreso internacional gestión y desarrollo del mantenimiento vial.

ANEXO 1

PANEL FOTOGRAFICO



Figura 17: pesando la muestra para realizar el análisis granulométrico.



Figura 18: realizando el análisis granulométrico por lavado.



Figura 19: realizando el análisis granulométrico con los tamiz.



Figura 20: pesando las muestras para proctor y CBR.



Figura 21: realizando El ensayo de proctor y CBR.



Figura 22: realizando El ensayo de proctor método A.



Figura 23: llevando las muestras de CBR al agua.



Figura 24: verificando las muestras de CBR con el asesor del proyecto.



Figura 25: retirando las muestras de CBR del agua.



Figura 26: realizando la penetración de las muestras de CBR con la supervisión del, asesor.



Figura 27: supervisión del, asesor.



Figura 28: realizando la densidad de campo en el área del proyecto



Figura 29: realizando un segundo punto de densidad.



Figura 30: muestra de la verificación del corte directo.



Figura 31: realizando el ensayo del corte directo.

ENSAYOS DE LABORATORIO



INFORME DE ANALISIS N°112- CP-D.A.I.Q.-UNP

MUESTRA : AGUA DE MAR.
PROCEDENCIA : CHIMBOTE ANCASH.
OBRA/PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS UTILIZANDO AGUA DE MAR,
CASO UNION DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH.
SOLICITANTE : BR. ROSA GLADYS SAAVEDRA SILVA
FECHA RECEP ; PIURA, 04 DE JUNIO 2018

RESULTADOS

Determinación	
Dureza total (CaCO ₃)(ppm)	7,000.00
Calcio (Ca ⁺⁺)(ppm)	600.00
Magnesio (Mg ⁺⁺)(ppm)	1,320.00
Cloruros (Cl ⁻)(ppm)	20,207.00
Sulfatos (SO ₄ ⁻²) (ppm)	2,700.00
Carbonatos (CO ₃ ⁼)(ppm)	0.00
Bicarbonatos (HCO ₃)(ppm)	244.00
Nitritos (NO ₂ ⁻)(ppm)	0.00
Nitratos (NO ₃ ⁻)(ppm)	0.00
Sodio (Na ⁺)(ppm)	7,990.45
Potasio(K ⁺)(ppm)	0.00
Conductividad (mSiemens/cm)	54.10
Sólidos Totales Disueltos (ppm)	35,400.00
pH	6.28

Piura, 06 de Junio 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Hernán Mejías Fernández
Ing. Hernán Mejías Fernández
PRESIDENTE
DIRECTORIO CENTRO PRODUCTIVO
DE BIENES Y SERVICIOS D.A.I.Q.





**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD

(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH: SAAVEDRA SILVA ROSA GLADYS
TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS UTILIZANDO AGUA DE MAR, CASO UNION
DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
MUESTRA : CALICATA - 1
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA : 07/09/2020

ENSAYO N°	M-1	M-2
Peso de tara + MH	1044.70	954.80
Peso de tara + MS	1041.90	953.20
Peso de tara	209.90	208.20
Peso del agua	2.80	1.60
MS	832.00	745.00
Contenido de humedad (%)	0.34	0.21
Promedio	0.28	

NOTA : La muestra fue traída y realizado por el interesado en este Laboratorio.


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LAB. MECANICA DE SUELOS Y DE MATERIALES
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE



CONTENIDO DE HUMEDAD

(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH: SAAVEDRA SILVA ROSA GLADYS
TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS UTILIZANDO AGUA DE MAR, CASO UNION
DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH.
MUESTRA : CALICATA - 2
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA : 07/09/2018

ENSAYO N°	M-1	M-2
Peso de tara + MH	661.90	668.80
Peso de tara + MS	660.20	667.10
Peso de tara	66.90	66.10
Peso del agua	1.70	1.70
MS	593.30	601.00
Contenido de humedad (%)	0.29	0.28
Promedio	0.28	

NOTA : La muestra fue traída y realizado por el interesado en este Laboratorio.


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422)

SOLICITA : BACH: SAAVEDRA SILVA ROSA GLADYS
 TESIS : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS UTILIZANDO AGUA DE MAR, CASO UNIÓN
 DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
 MUESTRA : CALICATA - 1
 LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 FECHA : 07/09/2020

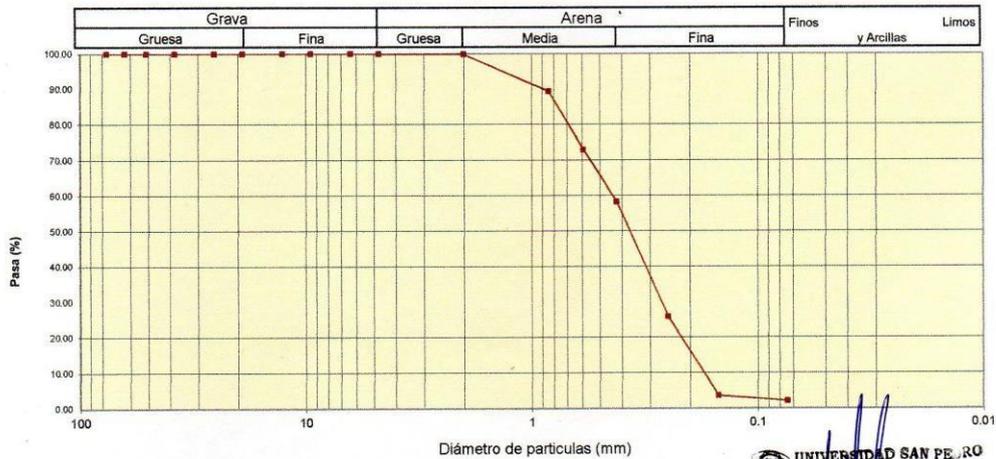
Peso Seco Inicial	1220.3	gr.
Peso Seco Lavado	1194.0	gr.
Peso perdido por lavado	26.3	gr.

CALICATA - 1
M - 1
PROF : 1.00

Tamiz(Apertura)		Peso	Retenido	Retenido	Pasante	Clasificación AASHTO
Nº	(mm)	Retenido(gr.)	Parcial(%)	Acumulado(%)	(%)	
2 1/2"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0	Material granular Excelente a bueno como subgrado A-3 Arena fina
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	22.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.30	0.0	0.0	0.0	100.0	
Nº 4	4.75	0.0	0.0	0.0	100.0	
Nº 10	2.00	1.5	0.1	0.1	99.9	
Nº 20	0.850	128.2	10.5	10.6	89.4	Pasa tamiz Nº 4 (%) : 100.0
Nº 30	0.600	200.6	16.4	27.1	72.9	Pasa tamiz Nº 200 (%) : 2.2
Nº 40	0.425	178.8	14.7	41.7	58.3	D60 (mm) : 0.44
Nº 60	0.250	396.0	32.5	74.2	25.8	D30 (mm) : 0.272
Nº 100	0.150	271.0	22.2	96.4	3.6	D10 (mm) : 0.154
Nº 200	0.075	17.9	1.5	97.8	2.2	Cu : 2.9
< 200		26.3	2.2	100.0	0.0	Cc : 1.088
Total		1220.3			100.0	

Valor del índice de grupo (IG):	
Clasificación (S.U.C.S.)	
Suelo de partículas gruesas. Suelo limpio.	
Arena mal graduada SP	
Limite líquido LL	0
Limite plástico LP	0
Índice plasticidad IP	0

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Mg. Mg. Solar Jara



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422)

SOLICITA : BACH: SAAVEDRA SILVA ROSA GLADYS
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS UTILIZANDO AGUA DE MAR, CASO UNION
 DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
 MUESTRA : CALICATA - 2
 LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 FECHA : 07/09/2020

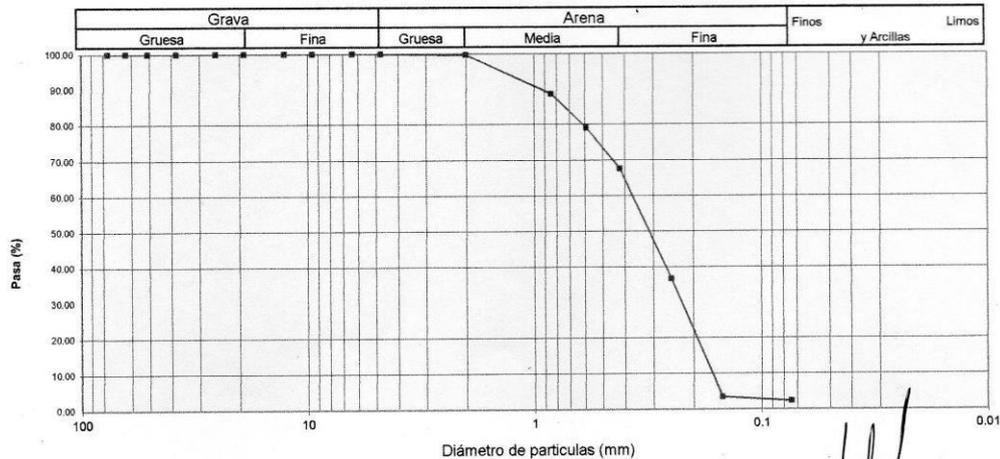
Peso Seco Inicial	906.3	gr.
Peso Seco Lavado	884.9	gr.
Peso perdido por lavado	21.4	gr.

CALICATA - 2
M - 1
PROF : 1.00

Tamiz(Apertura)		Peso	Retenido	Retenido	Pasante	Clasificació AASTO
N°	(mm)	Retenido(gr.)	Parcial(%)	Acumulado(%)	(%)	
2 1/2"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0	Material granular Excelente a bueno como subgrado. A-3 Arena fina
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	22.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.30	0.0	0.0	0.0	100.0	
N° 4	4.75	0.0	0.0	0.0	100.0	
N° 10	2.00	2.5	0.3	0.3	99.7	
N° 20	0.850	100.3	11.1	11.3	88.7	Pasa tamiz N° 4 (%) : 100.0
N° 30	0.600	85.6	9.4	20.8	79.2	Pasa tamiz N° 200 (%) : 2.4
N° 40	0.425	104.6	11.5	32.3	67.7	D60 (mm) : 0.38
N° 60	0.250	280.3	30.9	63.3	36.7	D30 (mm) : 0.223
N° 100	0.150	301.3	33.2	96.5	3.5	D10 (mm) : 0.140
N° 200	0.075	10.3	1.1	97.6	2.4	Cu 2.7
< 200		21.4	2.4	100.0	0.0	Cc 0.940
Total		906.3			100.0	

Valor del índice de grupo (IG):	
Clasificación (S.U.C.S.)	
Suelo de partículas gruesas. Suelo limpio.	
Arena mal graduada SP	
Límite líquido LL	0
Límite plástico LP	0
Índice plasticidad IP	0

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
 JEFE



DENSIDAD DE CAMPO CON SPEEDY

(ASTM D-4944, AASHTO T-191)

SOLICITA : BACH: SAAVEDRA SILVA ROSA GLADYS
TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS UTILIZANDO AGUA DE MAR, CASO UNION DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
MATERIAL : TERRENO NATURAL - AGUA POTABLE
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA : 7/09/2020

Prueba N°:	1	2
Ubicación:	FONDO DE CELDA	FONDO DE CELDA
Capa:	SUB RASANTE	SUB RASANTE
Lado/Margen :	Izquierdo	Centro

Densidad de Campo

Item	Descripción de Actividad.		
1	Peso de Frasco + arena (gr).	6098	5988
2	Peso de Frasco + arena sobrante (gr).	2622.0	2230.0
3	Peso de la arena empleada (gr). (1) - (2).	3476.0	3758.0
4	Peso de la arena del cono (gr).	1374	1374
5	Peso de la arena del hueco (gr). (3) - (4).	2102.0	2384.0
6	Densidad de la arena (gr/c.c.).	1.31	1.31
7	Volumen del hueco (c.c.). (5) / (6).	1604.6	1819.8
8	Peso del tarro + Peso suelo + Peso grava (gr).	2194.0	2326.0
9	Peso del tarro (gr).	0	0
10	Peso del suelo + Peso grava (gr). (8) - (9).	2194.0	2326.0
11	Peso retenido en el tamiz N° 3/4" (gr).	0	0
12	Peso Específico (c.c.).	2.8	2.8
13	Volumen del agua (c.c.). - (11) / (12).	0.0	0.0
14	Peso del suelo en grava (gr). (10) - (11).	2194.0	2326.0
15	Volumen del suelo (c.c.) (7) - (13).	1604.6	1819.8
16	Densidad Húmeda (gr/c.c.) (14) / (15).	1.367	1.278
17	Densidad muestra seca: (16) / ((16)+100)	1.260	1.195

Contenido de Humedad.

18	Humedad (Speedy)	8.50	7.00
----	------------------	------	------

Control de Compactación

19	Maxima densidad del Proctor.	1.588	1.588
20	Optimo contenido de humedad	6.80	6.80
21	% de compactación (17) / (19) x 100.	79.36	75.22

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Mg. Miguel Blar Jara
 JEFE



DENSIDAD DE CAMPO CON SPEEDY

(ASTM D-4944, AASHTO T-191)

SOLICITA : BACH: SAAVEDRA SILVA ROSA GLADYS
TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS UTILIZANDO AGUA DE MAR, CASO UNION
DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
MATERIAL : TERRENO NATURAL -AGUA POTABLE
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA : 7/09/2020

Prueba N°:	1	2
Ubicación:	FONDO DE CELDA	FONDO DE CELDA
Capa:	SUB RASANTE	SUB RASANTE
Lado/Margen :	Izquierdo	Centro

Densidad de Campo

Item	Descripción de Actividad.		
1	Peso de Frasco + arena (gr).	5860	5810
2	Peso de Frasco + arena sobrante (gr).	2480.0	2360.0
3	Peso de la arena empleada (gr). (1) - (2).	3380.0	3450.0
4	Peso de la arena del cono (gr).	1374	1374
5	Peso de la arena del hueco (gr). (3) - (4).	2006.0	2076.0
6	Densidad de la arena (gr/c.c.).	1.31	1.31
7	Volumen del hueco (c.c.). (5) / (6).	1531.3	1584.7
8	Peso del tarro + Peso suelo + Peso grava (gr).	2240.0	2350.0
9	Peso del tarro (gr).	0	0
10	Peso del suelo + Peso grava (gr). (8) - (9).	2240.0	2350.0
11	Peso retenido en el tamiz N° 3/4" (gr).	0	0
12	Peso Especifico (c.c.).	2.8	2.8
13	Volumen del agua (c.c.). - (11) / (12).	0.0	0.0
14	Peso del suelo en grava (gr). (10) - (11).	2240.0	2350.0
15	Volumen del suelo (c.c.) (7) - (13).	1531.3	1584.7
16	Densidad Húmeda (gr/c.c.) (14) / (15).	1.463	1.483
17	Densidad muestra seca: (16) / ((18)+100)	1.351	1.378

Contenido de Humedad.

18	Humedad (Speedy)	8.30	7.60
----	------------------	------	------

Control de Compactación

19	Maxima densidad del Proctor.	1.588	1.588
20	Optimo contenido de humedad	6.80	6.80
21	% de compactación (17) / (19) x 100.	85.06	86.79


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Mg. Miguel Solar Jara
USPE



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(ASTM D-3080, AASHTO T236, MTC E 123-2000)

SOLICITA : BACH: SAAVEDRA SILVA ROSA GLADYS
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS UTILIZANDO AGUA DE MAR, CASO UNION
 DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
 LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 CALICATA : 1 Y 2
 FECHA : 07/09/2020

NOMBRE DE MUESTRA = C-1 Y C-2 PROFUNDIDAD = 1.00 mts
 TIPO DE MUESTRA = REMOLDEADA DRENADA AGUA DE MAR

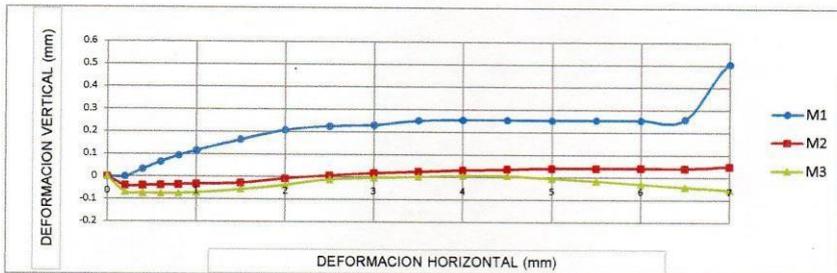
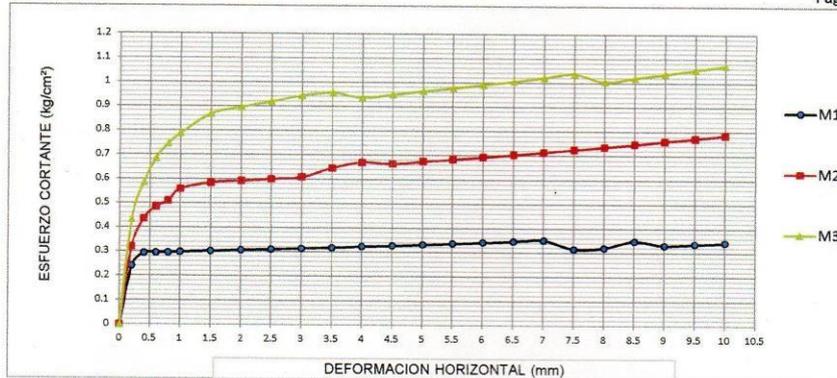
DIMENSIONES DE LA MUESTRA	
Diámetro	50.80 mm
Altura	25.1 mm
Área	20.2683 cm ²
Volumen	50.8734 cm ³

DIMENSIONES DE LA MUESTRA	
Peso	92.5 gr
Peso Unitario Húmedo	1.82 gr/cm ³
Contenido de Humedad	4.6 %
Peso Unitario Seco	1.74 gr/cm ³

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y de Materiales
 Mg. Miguel Solár Jara
 JEFE

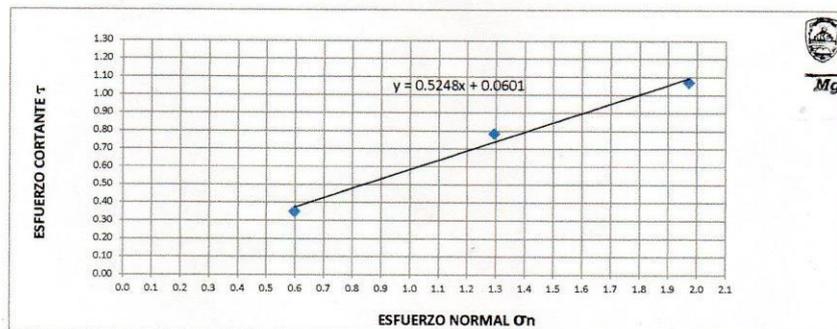
VELOCIDAD DE DEFORMACION = 0.50 mm/min

DEFORMIMETRO DE LONGITUD HORIZONTAL	LECTURA DE CARGA HORIZONTAL			DEFORMACION VERTICAL			FUERZA DE CORTE HORIZONTAL			CORREC. AREA	ESFUERZO CORTANTE τ		
	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03		M-01	M-02	M-03
	mm	Div.		mm			kg			cm ²	kg/cm ²		
0.20	3.576	5.55	8.289	0.000	-0.04	-0.07	4.823	6.451	8.71	20.17	0.239	0.320	0.432
0.40	4.843	8.325	11.97	0.034	-0.04	-0.07	5.867	8.74	11.75	20.07	0.292	0.435	0.585
0.60	4.843	9.435	14.28	0.066	-0.04	-0.07	5.867	9.656	13.65	19.96	0.294	0.484	0.684
0.80	4.843	9.99	15.66	0.094	-0.04	-0.07	5.867	10.11	14.79	19.86	0.295	0.509	0.745
1.00	4.843	11.1	16.58	0.117	-0.03	-0.07	5.867	11.03	15.55	19.76	0.297	0.558	0.787
1.50	4.843	11.54	18.24	0.165	-0.03	-0.06	5.867	11.4	16.92	19.51	0.301	0.584	0.867
2.00	4.843	11.54	18.6	0.208	-0.01	-0.04	5.867	11.4	17.22	19.25	0.305	0.592	0.895
2.50	4.843	11.54	18.88	0.226	0.008	-0.01	5.867	11.4	17.45	19	0.309	0.600	0.918
3.00	4.843	11.54	19.16	0.231	0.018	0.00	5.867	11.4	17.68	18.75	0.313	0.608	0.943
3.50	4.843	12.21	19.16	0.251	0.025	0.003	5.867	11.94	17.68	18.49	0.317	0.646	0.956
4.00	4.843	12.54	18.42	0.255	0.032	0.007	5.867	12.22	17.07	18.24	0.322	0.670	0.936
4.50	4.843	12.21	18.42	0.255	0.036	0.007	5.867	11.94	17.07	17.99	0.326	0.664	0.949
5.00	4.843	12.21	18.42	0.254	0.041	0.00	5.867	11.94	17.07	17.73	0.331	0.674	0.963
5.50	4.843	12.21	18.42	0.255	0.041	-0.02	5.867	11.94	17.07	17.48	0.336	0.683	0.976
6.00	4.843	12.21	18.42	0.255	0.042	-0.03	5.867	11.94	17.07	17.23	0.341	0.693	0.991
6.50	4.843	12.21	18.42	0.259	0.041	-0.04	5.867	11.94	17.07	16.98	0.346	0.703	1.005
7.00	4.843	12.21	18.42	0.505	0.050	-0.05	5.867	11.94	17.07	16.72	0.351	0.714	1.021
7.50	4.023	12.21	18.42	0.507	0.046	-0.07	5.191	11.94	17.07	16.47	0.315	0.725	1.036
8.00	4.023	12.21	17.5	0.507	0.028	-0.09	5.191	11.94	16.31	16.22	0.320	0.736	1.005
8.50	4.47	12.21	17.5	0.503	0.039	-0.10	5.56	11.94	16.31	15.97	0.348	0.748	1.021
9.00	4.023	12.21	17.5	0.502	0.041	-0.11	5.191	11.94	16.31	15.72	0.330	0.760	1.037
9.50	4.023	12.21	17.5	0.502	0.034	-0.13	5.191	11.94	16.31	15.47	0.336	0.772	1.054
10.00	4.023	12.21	17.5	0.495	0.036	-0.14	5.191	11.94	16.31	15.22	0.341	0.785	1.071
10.50	4.023	12.21	17.5							14.97			
11.00	4.023	12.21	17.5							14.72			
11.50	4.023	12.21	17.5							14.48			



MUESTRA	M1	M2	M3
Carga Vertical(kg)	10	20	30
Área en Corte(cm ²)	16.72	15.47	15.22
σ_n (kg/cm ²)	0.60	1.29	1.97
τ (kg/cm ²)	0.3510	0.79	1.07

Cohesión	0.006 kg/cm ²
Ángulo de fricción interna	27.69 °



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Los Mochis, Arequipa y Ensayo de Materiales

Mg. Miguel Sotol Jara
JEFE



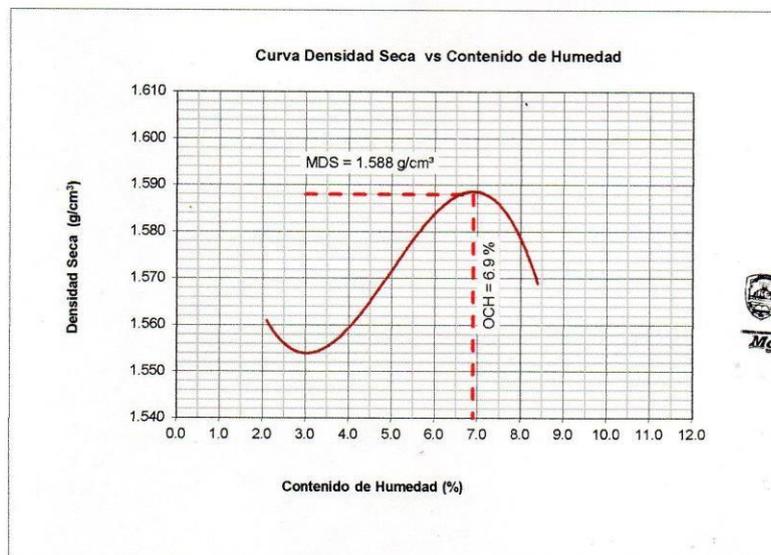
PROCTOR MODIFICADO

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : BACH: SAAVEDRA SILVA ROSA GLADYS
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS UTILIZANDO AGUA DE MAR, CASO UNION
 DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
 LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 MATERIAL : CALICATA-1 TERRENO NATURAL
 FECHA : 07/09/2020

Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3672	3725	3777	3785
02 - Peso del Molde (g)	1979.0	1979.0	1979.0	1979.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1693.0	1746.0	1798.0	1806.0
04 - Volumen del Molde (cm³)	1062.0	1062.0	1062.0	1062.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm³)	1.594	1.644	1.693	1.701
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	332.5	384.0	365.5	433.8
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	327.0	370.4	346.9	405.3
09 - Peso del agua (g)	5.5	13.6	18.6	28.5
10 - Peso del tarro (g)	69.5	85.0	63.0	64.3
11 - Peso suelo seco (g)	257.5	285.4	283.9	341.0
12 - Contenido de Humedad (%)	2.1	4.8	6.6	8.4
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm³)	1.561	1.569	1.588	1.569

Contenido Optimo Humedad **6.9 %** Densidad Seca Maxima, **1.588 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Mg. Miguel Solar Jara
 JEFE



RELACIÓN DE SOPORTE - CBR
NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA : BACH: SAAVEDRA SILVA ROSA GLADYS
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS UTILIZANDO AGUA DE MAR, CASO UNION
 DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
 LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 MATERIAL : CALICATA-1 TERRENO NATURAL
 FECHA : 07/09/2020

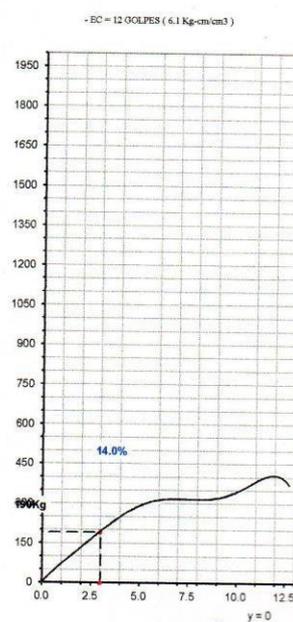
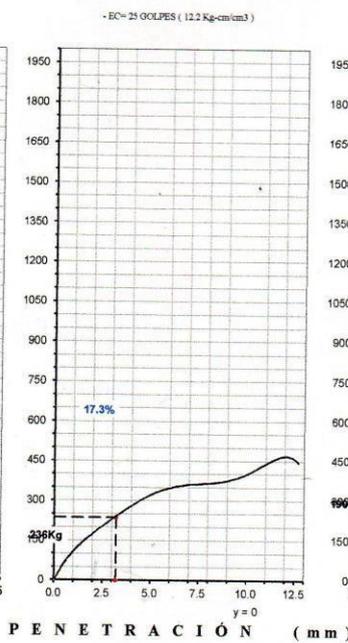
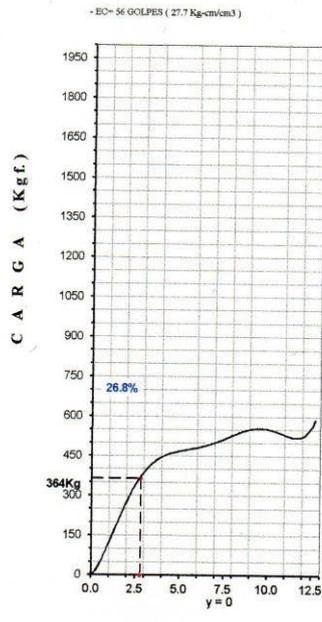
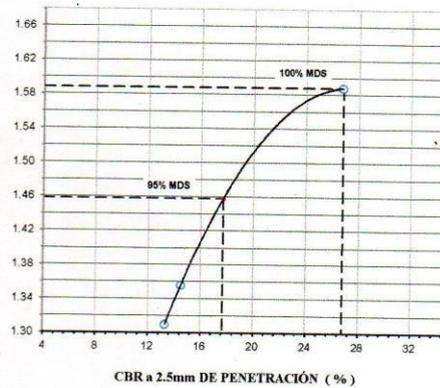
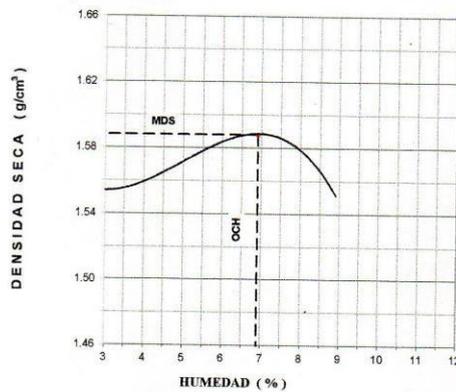
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Mg. Miguel Solar Jara
 JEFE

Características						
Numero de Molde	1		2		3	
Numero de Capas	5		5		5	
Numero de Golpe	56		25		12	
Energía Compactación [kg-cm]/cm ³	27.7		12.2		6.1	
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	8,201.0		7,707.0		7,409.0	
02 - Peso del molde (g)	4,432.0		4,577.0		4,572.0	
03 - Peso suelo humedo (g)	3,769.0		3,130.0		2,837.0	
04 - Volumen de molde, cm ³	2,210.000		2,141.000		2,012.000	
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	1.705		1.462		1.410	
06 - Tarro N°	0.0		0.0		0.0	
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	609.8		588.9		608.7	
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	581.7		558.3		577.4	
09 - Peso del agua (g)	28.1		30.6		31.3	
10 - Peso del tarro (g)	202.2		166.5		167.5	
11 - Peso suelo seco (g)	379.5		391.8		409.9	
12 - Contenido de humedad (%)	7.4		7.8		7.6	
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.588		1.356		1.310	
Saturación						
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial
Dia 01	17-Oct-16	5.00PM	0.00	0.00	0.00	0.00
Dia 02	18-Oct-16	5.00PM	0.00	0.00	0.00	0.00
Dia 03	19-Oct-16	5.00PM	0.00	0.00	0.00	0.00
Dia 04	20-Oct-16	5.00PM	0.00	0.00	0.00	0.00
Expansión, %			0.00	0.00	0.00	
Absorción						
Numero de molde	1		2		3	
01 - Peso suelo humedo antes (g)	3,769.0		3,130.0		2,837.0	
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	8,302.8		7,811.5		7,509.2	
03 - Peso del molde (g)	4,432.0		4,577.0		4,572.0	
04 - Peso suelo embebido (g)	3,870.8		3,234.5		2,937.2	
05 - Peso del agua absorvida (g)	101.8		104.5		100.2	
06 - Peso del suelo seco (g)	3,509.2		2,903.3		2,635.7	
07 - Absorción de agua (%)	2.9		3.6		3.8	
Penetración						
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	9.0	66.2	11.0	74.7	8.0	61.9
1.3	32.0	163.9	24.0	129.9	12.0	78.9
1.9	57.0	270.1	35.0	176.6	22.0	121.4
2.5	75.0	346.61	40.0	197.89	36.0	180.89
3.2	88.0	401.8	49.0	236.1	40.0	197.9
3.8	95.0	431.6	59.0	278.6	51.0	244.6
5.08	105.0	474.1	69.0	321.1	62.0	291.4
7.6	115.0	516.6	79.0	363.6	68.0	316.9
10.16	123.0	550.6	89.0	406.1	76.0	350.9
12.7	132.0	588.8	98.0	444.3	81.0	372.1
Carga [%]	346.61 kgf. [25.5%]		197.89 kgf. [14.5%]		180.89 kgf. [13.3%]	



RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]

SOLICITA	BACH: SAAVEDRA SILVA ROSA GLADYS	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	A
TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS UTILIZANDO AGUA DE MAR CASO	MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.588
	UNION DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.9
		CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	26.8
		CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	17.7
MATERIAL	: CALICATA -1 TERRENO NATURAL	EMBEBIDO	: 4 DIAS
LUGAR	: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH	EXPANSIÓN	: S/E
	FECHA: 07-Sep-2020	ABSORCIÓN	: 2.9%
		HUMEDAD DE PENETRACIÓN	: 9.8%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara



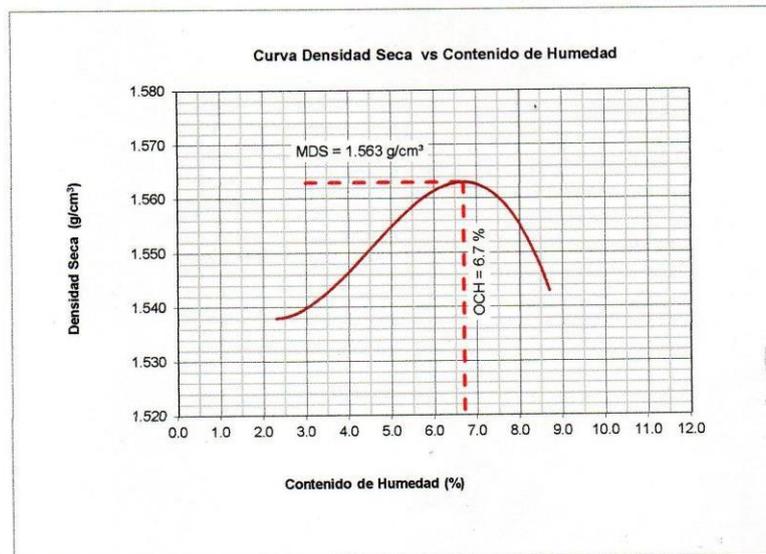
PROCTOR MODIFICADO

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : BACH: SAAVEDRA SILVA ROSA GLADYS
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS UTILIZANDO AGUA DE MAR, CASO UNION
 DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
 LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 MATERIAL : CALICATA-2 TERRENO NATURAL
 FECHA : 07/09/2020

Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm ³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3650	3710	3750	3760
02 - Peso del Molde (g)	1979.0	1979.0	1979.0	1979.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1671.0	1731.0	1771.0	1781.0
04 - Volumen del Molde (cm ³)	1062.0	1062.0	1062.0	1062.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.573	1.630	1.668	1.677
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	556.6	600.2	602.3	501.2
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	545.8	575.3	568.3	466.3
09 - Peso del agua (g)	10.8	24.9	34.0	34.9
10 - Peso del tarro (g)	68.8	67.7	64.4	65.2
11 - Peso suelo seco (g)	477.0	507.6	503.9	401.1
12 - Contenido de Humedad (%)	2.3	4.9	6.7	8.7
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.538	1.554	1.563	1.543

Contenido Optimo Humedad **6.7 %** Densidad Seca Maxima, **1.563 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FAC. DE INGENIERIA
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Mg. Miguel Solís Jara
 JEFE



RELACIÓN DE SOPORTE - CBR
NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA : BACH: SAAVEDRA SILVA ROSA GLADYS
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS UTILIZANDO AGUA DE MAR, CASO UNION
 DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
 LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 MATERIAL : CALICATA-1 TERRENO NATURAL
 FECHA : 07/09/2020

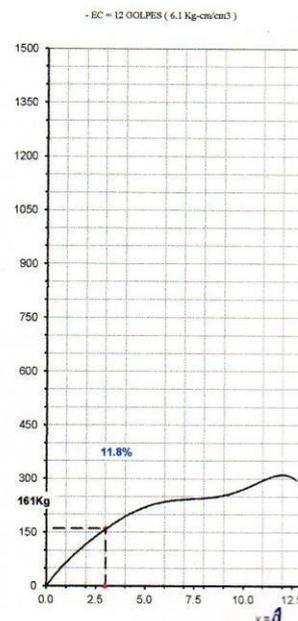
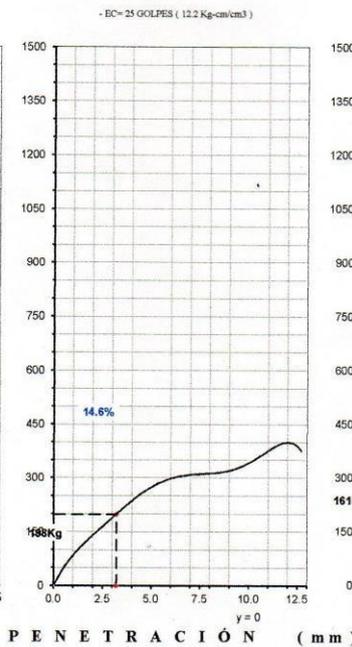
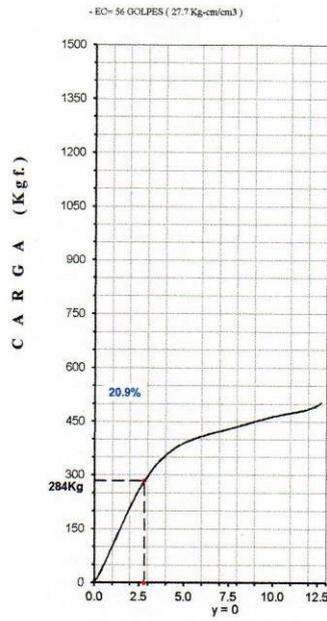
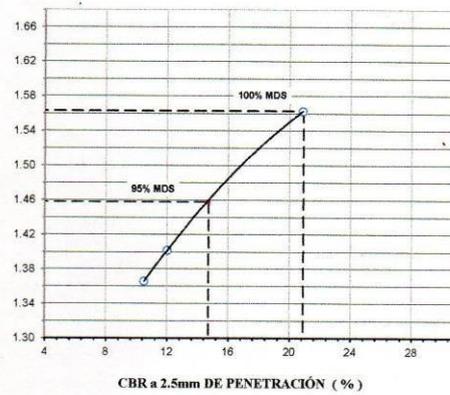
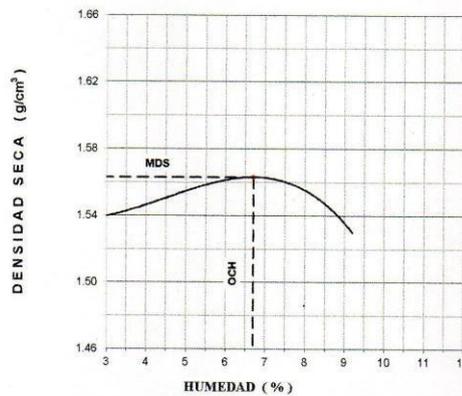
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Los Mecánicos Sur y Este de Huancayo
 Mg. Miguel Solar Jara
 JEFE

Características						
Numero de Molde	1	2	3			
Numero de Capas	5	5	5			
Numero de Golpe	56	25	12			
Energía Compactación [kg-cm]/cm ³	27.7	12.2	6.1			
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	8,125.0	7,800.0	7,520.0			
02 - Peso del molde (g)	4,432.0	4,577.0	4,572.0			
03 - Peso suelo humedo (g)	3,693.0	3,223.0	2,948.0			
04 - Volumen de molde, cm ³	2,210.000	2,141.000	2,012.000			
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	1.671	1.505	1.465			
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0			
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	709.8	400.0	610.2			
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	674.7	384.1	580.1			
09 - Peso del agua (g)	35.1	15.9	30.1			
10 - Peso del tarro (g)	167.7	168.8	166.6			
11 - Peso suelo seco (g)	507.0	215.3	413.5			
12 - Contenido de humedad (%)	6.9	7.4	7.3			
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.563	1.402	1.366			
Saturación						
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial	
Dia 01	17-Oct-16	5.00PM	0.00	0.00	0.00	
Dia 02	18-Oct-16	5.00PM	0.00	0.00	0.00	
Dia 03	19-Oct-16	5.00PM	0.00	0.00	0.00	
Dia 04	20-Oct-16	5.00PM	0.00	0.00	0.00	
Expansión, %			0.00	0.00	0.00	
Absorción						
Numero de molde	1	2	3			
01 - Peso suelo humedo antes (g)	3,693.0	3,223.0	2,948.0			
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	8,235.5	7,914.1	7,629.9			
03 - Peso del molde (g)	4,432.0	4,577.0	4,572.0			
04 - Peso suelo embebido (g)	3,803.5	3,337.1	3,057.9			
05 - Peso del agua absorvida (g)	110.5	114.1	109.9			
06 - Peso del suelo seco (g)	3,453.9	3,001.3	2,748.0			
07 - Absorción de agua (%)	3.2	3.8	4.0			
Penetración						
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	9.0	66.2	8.0	61.9	5.0	49.2
1.3	25.0	134.1	19.0	108.7	12.0	78.9
1.9	39.0	193.6	23.0	125.7	19.0	108.7
2.5	55.0	261.62	32.0	163.89	27.0	142.65
3.2	68.0	316.9	41.0	202.1	32.0	163.9
3.8	75.0	346.6	49.0	236.1	39.0	193.6
5.08	85.0	389.1	57.0	270.1	45.0	219.1
7.6	95.0	431.6	67.0	312.6	51.0	244.6
10.16	103.0	465.6	75.0	346.6	58.0	274.4
12.7	112.0	503.8	82.0	376.3	63.0	295.6
Carga [%]	261.62 kgf. [19.2%]		163.89 kgf. [12%]		142.65 kgf. [10.5%]	



RELACION DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]

SOLICITA	BACH: SAAVEDRA SILVA ROSA GLADYS	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	A
TESIS	ESTABILIZACION DE SUELOS UTILIZANDO AGUA DE MAR CASO	MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.583
	UNION DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.7
		CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	20.9
MATERIAL	: CALICATA-1 TERRENO NATURAL	CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	14.7
LUGAR	: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH	EMBEBIDO :	4 DIAS
	FECHA : 07-Set-2020	EXPANSIÓN :	S/E
		ABSORCIÓN :	3.2%
		HUMEDAD DE PENETRACIÓN :	9.9%



Mg. Miguel Solar Jara



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-EXPERIMENTAL AGUA DE MAR
(ASTM D-3080, AASHTO T236, MTC E 123-2000)

SOLICITA : BACH: SAAVEDRA SILVA ROSA GLADYS
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS UTILIZANDO AGUA DE MAR, CASO UNION
 DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
 LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 CALICATA : 1 Y 2
 FECHA : 07/09/2020

NOMBRE DE MUESTRA = C-1 - Y C-2 PROFUNDIDAD = 1.00 mts
 TIPO DE MUESTRA = REMOLDEADA DRENADA AGUA POTABLE

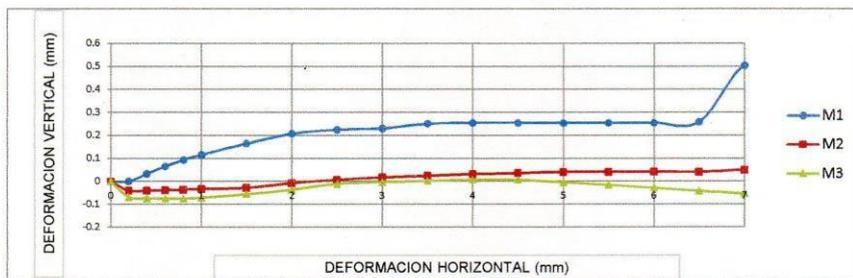
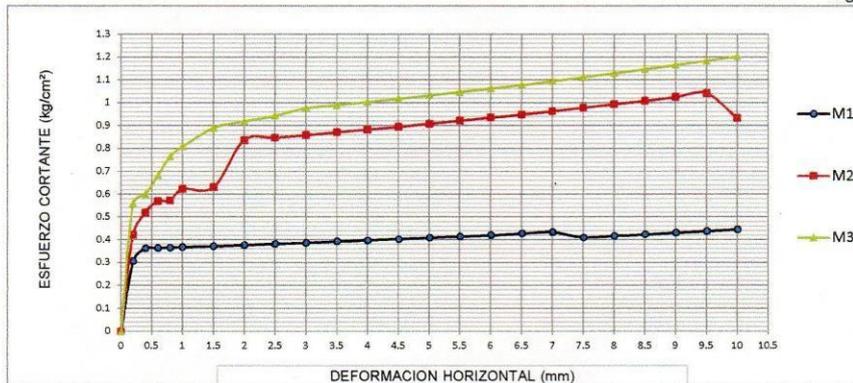
DIMENSIONES DE LA MUESTRA	
Diámetro	50.80 mm
Altura	25.1 mm
Área	20.2683 cm ²
Volumen	50.8734 cm ³

DIMENSIONES DE LA MUESTRA	
Peso	90.1 gr
Peso Unitario Húmedo	1.77 gr/cm ³
Contenido de Humedad	2.90 %
Peso Unitario Seco	1.72 gr/cm ³

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Mg. Miguel Solar Jara

VELOCIDAD DE DEFORMACION = 0.50 mm/min

DEFORMIMETRO DE LONGITUD HORIZONTAL	LECTURA DE CARGA HORIZONTAL			DEFORMACION VERTICAL			FUERZA DE CORTE HORIZONTAL			CORREC. ÁREA	ESFUERZO CORTANTE		
	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03		M-01	M-02	M-03
	mm			mm			kg				kg/cm ²		
0.20	5.18	8.05	11.38	0.000	-0.04	-0.07	6.146	8.513	11.26	20.17	0.305	0.422	0.558
0.40	6.512	10.35	12.32	0.034	-0.04	-0.07	7.245	10.41	12.04	20.07	0.361	0.519	0.600
0.60	6.512	11.5	14.22	0.066	-0.04	-0.07	7.245	11.36	13.6	19.96	0.363	0.569	0.682
0.80	6.512	11.5	16.13	0.094	-0.04	-0.07	7.245	11.36	15.17	19.86	0.365	0.572	0.764
1.00	6.512	12.65	17.07	0.117	-0.03	-0.07	7.245	12.31	15.96	19.76	0.367	0.623	0.808
1.50	6.512	12.65	18.78	0.165	-0.03	-0.06	7.245	12.31	17.36	19.51	0.371	0.631	0.890
2.00	6.512	17.25	19.16	0.208	-0.01	-0.04	7.245	16.1	17.68	19.25	0.376	0.836	0.918
2.50	6.512	17.25	19.44	0.226	0.008	-0.01	7.245	16.1	17.91	19	0.381	0.847	0.943
3.00	6.512	17.25	19.91	0.231	0.018	0.00	7.245	16.1	18.3	18.75	0.386	0.859	0.976
3.50	6.512	17.25	19.91	0.251	0.025	0.003	7.245	16.1	18.3	18.49	0.392	0.871	0.989
4.00	6.512	17.25	19.91	0.255	0.032	0.007	7.245	16.1	18.3	18.24	0.397	0.883	1.003
4.50	6.512	17.25	19.91	0.255	0.036	0.007	7.245	16.1	18.3	17.99	0.403	0.895	1.017
5.00	6.512	17.25	19.91	0.254	0.041	0.00	7.245	16.1	18.3	17.73	0.409	0.908	1.032
5.50	6.512	17.25	19.91	0.255	0.041	-0.02	7.245	16.1	18.3	17.48	0.414	0.921	1.047
6.00	6.512	17.25	19.91	0.255	0.042	-0.03	7.245	16.1	18.3	17.23	0.420	0.935	1.062
6.50	6.512	17.25	19.91	0.259	0.041	-0.04	7.245	16.1	18.3	16.98	0.427	0.948	1.077
7.00	6.512	17.25	19.91	0.505	0.050	-0.05	7.245	16.1	18.3	16.72	0.433	0.963	1.094
7.50	5.92	17.25	19.91	0.507	0.046	-0.07	6.756	16.1	18.3	16.47	0.410	0.978	1.111
8.00	5.92	17.25	19.91	0.507	0.028	-0.09	6.756	16.1	18.3	16.22	0.417	0.993	1.128
8.50	5.92	17.25	19.91	0.503	0.039	-0.10	6.756	16.1	18.3	15.97	0.423	1.008	1.146
9.00	5.92	17.25	19.91	0.502	0.041	-0.11	6.756	16.1	18.3	15.72	0.430	1.024	1.164
9.50	5.92	17.25	19.91	0.502	0.034	-0.13	6.756	16.1	18.3	15.47	0.437	1.041	1.183
10.00	5.92	14.95	19.91	0.495	0.036	-0.14	6.756	14.21	18.3	15.22	0.444	0.933	1.202
10.50	5.92	14.95	19.91							14.97			
11.00	5.92	14.95	19.91							14.72			
11.50	5.92	14.95	19.91							14.48			

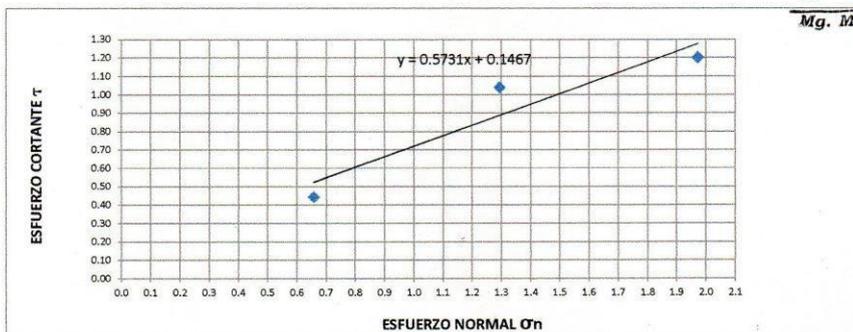


MUESTRA	M1	M2	M3
Carga Vertical(kg)	10	20	30
Área en Corte(cm²)	15.22	15.47	15.22
σ_n (kg/cm²)	0.66	1.29	1.97
τ (kg/cm²)	0.4440	1.04	1.20

Cohesión	0.014 kg/cm²
Ángulo de fricción interna	29.82 °

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Mg. Miguel Solar Jara





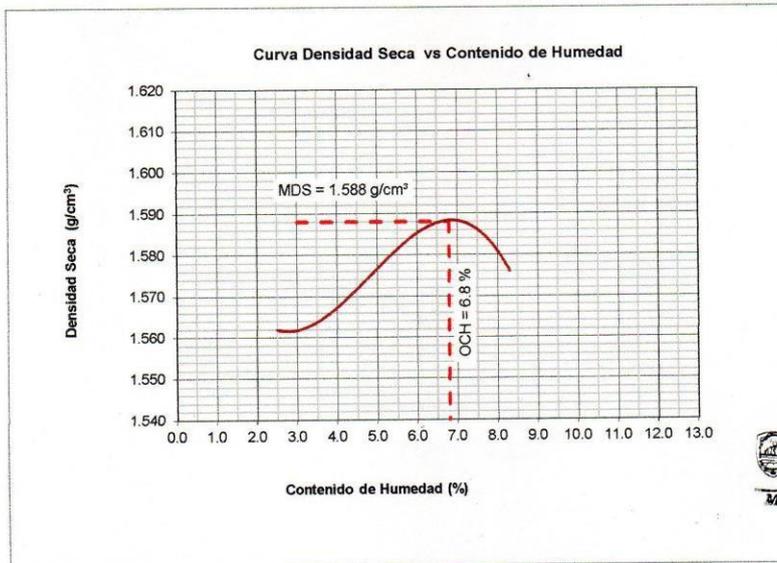
PROCTOR MODIFICADO-EXPERIMENTAL AGUA DE MAR

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : BACH: SAAVEDRA SILVA ROSA GLADYS
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS UTILIZANDO AGUA DE MAR, CASO UNION
 DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
 LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 MATERIAL : CALICATA-1 TERRENO NATURAL
 FECHA : 07/09/2020

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		
Energía de Compactación Standar		27.7 Kg.cm / cm³		
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3679	3715	3777	3792
02 - Peso del Molde (g)	1979.0	1979.0	1979.0	1979.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1700.0	1736.0	1798.0	1813.0
04 - Volumen del Molde (cm³)	1062.0	1062.0	1062.0	1062.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm³)	1.601	1.635	1.693	1.707
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	582.0	428.5	606.5	566.7
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	572.9	413.8	582.0	528.3
09 - Peso del agua (g)	9.1	14.7	24.5	38.4
10 - Peso del tarro (g)	209.0	62.0	212.5	64.3
11 - Peso suelo seco (g)	363.9	351.8	369.5	464.0
12 - Contenido de Humedad (%)	2.5	4.2	6.6	8.3
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm³)	1.562	1.569	1.588	1.576

Contenido Optimo Humedad **6.8 %** Densidad Seca Maxima, **1.588 g/cm³**




 UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Lab. Mecánica de Suelos / Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
 JEFE



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL AGUA DE MAR
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA : BACH: SAAVEDRA SILVA ROSA GLADYS
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS UTILIZANDO AGUA DE MAR, CASO UNION
 DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
 LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 MATERIAL : CALICATA-1 TERRENO NATURAL
 FECHA : 07/09/2020

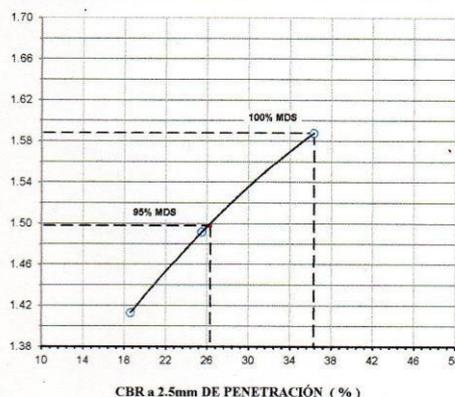
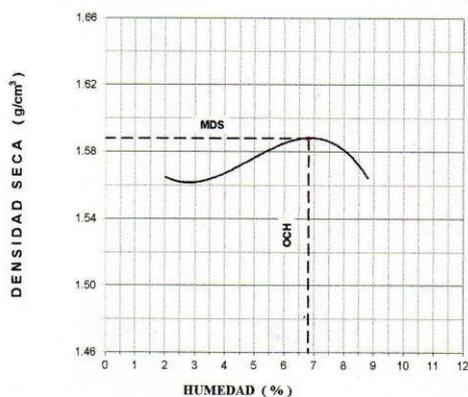
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Mg. Miguel Solar Jara

Características						
Numero de Molde	1		2		3	
Numero de Capas	5		5		5	
Numero de Golpe	56		25		12	
Energia Compactacion [kg-cm]/cm ³	27.7		12.2		6.1	
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	8,304.0		8,102.0		7,709.0	
02 - Peso del molde (g)	4,432.0		4,577.0		4,572.0	
03 - Peso suelo humedo (g)	3,872.0		3,525.0		3,137.0	
04 - Volumen de molde, cm ³	2,210.000		2,141.000		2,012.000	
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	1.752		1.646		1.559	
06 - Tarro N°	0.0		0.0		0.0	
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	609.8		588.9		608.7	
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	571.7		549.3		567.4	
09 - Peso del agua (g)	38.1		39.6		41.3	
10 - Peso del tarro (g)	202.2		166.5		167.5	
11 - Peso suelo seco (g)	369.5		382.8		399.9	
12 - Contenido de humedad (%)	10.3		10.3		10.3	
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.588		1.492		1.413	
Saturación						
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial	
Dia 01	17-Oct-16	5.00PM	0.00	0.00	0.00	
Dia 02	18-Oct-16	5.00PM	0.00	0.00	0.00	
Dia 03	19-Oct-16	5.00PM	0.00	0.00	0.00	
Dia 04	20-Oct-16	5.00PM	0.00	0.00	0.00	
Expansión, %			0.00	0.00	0.00	
Absorción						
Numero de molde	1		2		3	
01 - Peso suelo humedo antes (g)	3,872.0		3,525.0		3,137.0	
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	8,384.7		8,213.8		7,825.6	
03 - Peso del molde (g)	4,432.0		4,577.0		4,572.0	
04 - Peso suelo embebido (g)	3,952.7		3,636.8		3,253.6	
05 - Peso del agua absorbida (g)	80.7		111.8		116.6	
06 - Peso del suelo seco (g)	3,510.1		3,194.5		2,843.4	
07 - Absorción de agua (%)	2.3		3.5		4.1	
Penetración						
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	39.0	193.6	30.0	155.4	10.0	70.4
1.3	65.0	304.1	45.0	219.1	30.0	155.4
1.9	85.0	389.1	60.0	282.9	40.0	197.9
2.5	104.0	469.83	75.0	346.61	53.0	253.12
3.2	124.0	554.8	85.0	389.1	65.0	304.1
3.8	140.0	622.8	95.0	431.6	80.0	367.9
5.08	162.0	716.3	120.0	537.8	90.0	410.3
7.6	173.0	763.0	130.0	580.3	100.0	452.8
10.16	184.0	809.8	140.0	622.8	110.0	495.3
12.7	196.0	860.8	150.0	665.3	120.0	537.8
Carga [%]	469.83 kgf. [34.5%]		346.61 kgf. [25.5%]		253.12 kgf. [18.6%]	



RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]-EXPERIMENTAL AGUA DE MAR

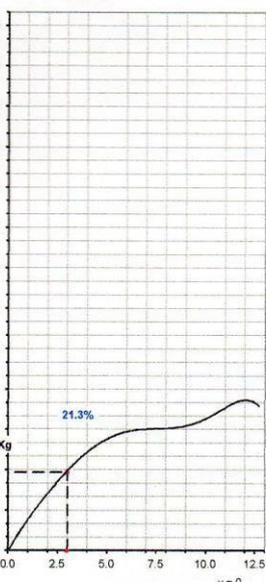
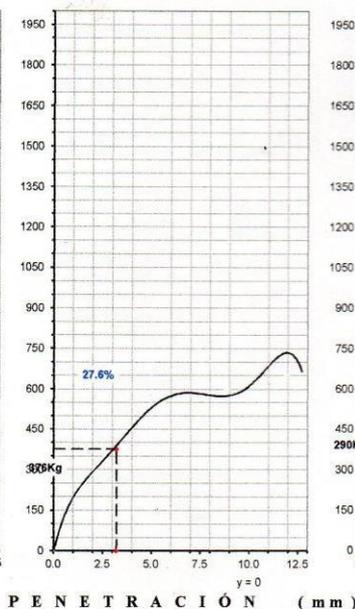
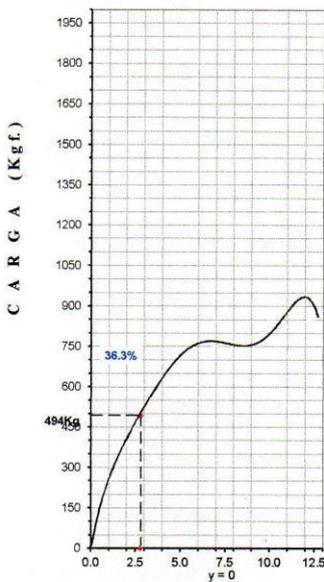
SOLICITA	BACH: SAAVEDRA SILVA ROSA GLADYS	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	A
TESIS	ESTABILIZACION DE SUELOS UTILIZANDO AGUA DE MAR CASO	MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.588
	UNION DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.8
		CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	36.3
MATERIAL	: CALICATA -1 TERRENO NATURAL	CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	26.3
LUGAR	: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH	EMBEBIDO :	4 DIAS
	FECHA : 07-Set-2020	EXPANSIÓN :	S/E
		ABSORCIÓN :	2.3 %
		HUMEDAD DE PENETRACIÓN :	9.1 %



- EC= 56 GOLPES (27.7 Kg-cm/cm³)

- EC= 25 GOLPES (12.2 Kg-cm/cm³)

- EC= 12 GOLPES (6.1 Kg-cm/cm³)



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Los Mochis de SCS - Laboratorio de Materiales

Mg. Miguel Sclar Jara



PROCTOR MODIFICADO-EXPERIMENTAL AGUA DE MAR

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : BACH: SAAVEDRA SILVA ROSA GLADYS
 TESIS : ESTABILIZACION DE SUELOS UTILIZANDO AGUA DE MAR, CASO UNION
 DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
 LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 MATERIAL : CALICATA-2 TERRENO NATURAL
 FECHA : 07/09/2020

Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm ³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3592	3647	3690	3705
02 - Peso del Molde (g)	1979.0	1979.0	1979.0	1979.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1613.0	1668.0	1711.0	1726.0
04 - Volumen del Molde (cm ³)	1062.0	1062.0	1062.0	1062.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.519	1.571	1.611	1.625
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	536.5	602.5	412.5	566.7
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	528.4	586.9	393.1	529.3
09 - Peso del agua (g)	8.1	15.6	19.4	37.4
10 - Peso del tarro (g)	157.0	210.0	69.0	64.3
11 - Peso suelo seco (g)	371.4	376.9	324.1	465.0
12 - Contenido de Humedad (%)	2.2	4.1	6.0	8.0
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.486	1.509	1.520	1.505

Contenido Optimo Humedad **6.1 %** Densidad Seca Maxima, **1.520 g/cm³**

