UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

Influencia del agua de mar en el afirmado y sus componentes utilizados para la conformación de bases granulares como alternativa en zonas costeras de bajo recurso hídrico.

Autores:

Bach. Ing. Ordoñez Arteaga, Luis Alfredo.

Bach. Ing. Salazar Tinsec, Gustavo Adolfo.

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil.

Asesor:

Mg. Ing. Borja Suárez, Manuel Alejandro.

Fecha de sustentación:

14 de Mayo de 2026

Lambayeque, 2026

"Influencia del agua de mar en el afirmado y sus componentes utilizados para la conformación de bases granulares como alternativa en zonas costeras de bajo recurso hídrico."

Bach. Ing. Ordoñez Arteaga, Luis Alfredo.
Autor

Bach. Ing. Salazar Tinsec, Gustavo Adolfo.
Autor

Mg. Ing. Borja Suárez, Manuel Alejandro.
Asesor

Trabajo presentado a la Facultad de Ingeniería Civil, Sistemas y Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

Aprobado por:

Presidente:
Dr . Ing. Morales Uchofen, Nicolás Walter.

Secretario:
Mg. Ing. Roberto Carlos Cachay Silva

Vocal:
Mg. Ing. Salazar Bravo, Wesley Amado.

Lambayeque, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN





ACTA DE SUSTENTACIÓN
N° 004-2026-UI-FICSA

Siendo las 11:30 am del día 14 de mayo del 2026, se reunieron los miembros de jurado de la Tesis titulada: **"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO" con código N° IC_V_2024_052,** y designado por **Resolución Decanal N° 005-2026-UNPRG-FICSA** con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis profesional antes mencionada, conformado por los siguientes docentes:

DR. ING. NICOLAS WALTER MORALES UCHOFEN	**PRESIDENTE**
MSC. ING. ROBERTO CARLOS CACHAY SILVA	**SECRETARIO**
MSC. ING. WESLEY AMADO SALAZAR BRAVO	**VOCAL**

Asesorado por MSC. ING. MANUEL ALEJANDRO BORJA SUAREZ.

El acto de sustentación fue autorizado por **OFICIO VIRTUAL N° 101-2026-UIFICSA**, la tesis profesional fue presentada y sustentada por los Bachilleres: **GUSTAVO ADOLFO SALAZAR TINSEC y LUIS ALFREDO ORDOÑEZ ARTEAGA,** tuvo una duración de 70 minutos Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva:

	NUMERO	LETRAS	CALIFICATIVO
GUSTAVO ADOLFO SALAZAR TINSEC	16	DIECISEIS	BUENO
LUIS ALFREDO ORDOÑEZ ARTEAGA	16	DIECISEIS	BUENO

Por lo que quedan APTOS para obtener el Título Profesional de **INGENIERO CIVIL** de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Civil De Sistemas y de Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12:00; del mismo día, se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

DR. ING. NICOLAS WALTER MORALES UCHOFEN
PRESIDENTE

MSC. ING. ROBERTO CARLOS CACHAY SILVA
SECRETARIO

MSC. ING. WESLEY AMADO SALAZAR BRAVO
VOCAL

MSC. ING. MANUEL ALEJANDRO BORJA SUAREZ
ASESOR

JHFF/bcm.

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Msc. Ing. Manuel Alejandro Borja Suarez usuario revisor de:

Tesis	[X]
Trabajo de Suficiencia Profesional	[ ]
Trabajo Académico	[ ]

Titulado: **"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO".**

Cuyos autores son: Luis Alfredo Ordoñez Arteaga, con DNI N° 76242630 y Gustavo Adolfo Salazar Tinsec, con DNI N° 72469943, declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud 13%, verificables en el Resumen del Reporte Automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 23 de mayo del 2026

Msc. Ing. Manuel Alejandro Borja Suarez

DNI N° 16690047

ASESOR

Defina la modalidad con [X] Adjuntar

- *Reporte Automatizado de similitudes*
- *Recibo Digital*

Influencia del agua de mar en el afirmado y sus componentes utilizados para la conformación de bases granulares como alternativa en zonas costeras de bajo recurso hídrico.

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	12%	3%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	documentop.com Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	<1%
8	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	<1%
9	1library.co Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.unab.edu.pe Fuente de Internet	<1%
	repositorio.upla.edu.pe	

Msc. Ing. Manuel Alejandro Borja Suarez

DNI N° 16690047

ASESOR

11	Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
13	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	www.rcnorandina.unach.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	Quintero Escobar, Robert Alexander | Torres Mesa, Carlos Orlando. "Evaluación de los Parámetros de Resistencia al Corte de un Material Granular a Partir de la Inclusión de Escorias Negras de Horno de Arco Eléctrico", Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia) Publicación	<1 %
16	www.dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Politécnica del Perú Trabajo del estudiante	<1 %
18	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Msc. Ing. Manuel Alejandro Borja Suarez

DNI N° 16690047

ASESOR

23	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
24	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
25	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
26	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
27	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	transparencia.mtc.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
32	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	IBAÑEZ NAVARRO ISRAEL ESSAU. "EIA-SD del Proyecto Relleno Sanitario, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos y Planta de Separación de Residuos Inorgánicos Reciclables paras las Ciudades de Hualmay,	<1 %

Msc. Ing. Manuel Alejandro Borja Suarez

DNI N° 16690047

ASESOR

	Huaura, Santa María, Végueta, Caleta de Carquín y Huacho, Provincia de Huaura, Departamento de Lima-IGA0016378", R.A. N° 323-2018/MPH, 2022 Publicación	
36	Submitted to Universidad Católica Boliviana "San Pablo" Trabajo del estudiante	<1 %
37	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
38	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
39	idus.us.es Fuente de Internet	<1 %
40	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
41	Submitted to Usuario Web Trabajo del estudiante	<1 %
42	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "PMA del Proyecto Conversión a Ciclo Combinado de la Central Termoeléctrica Chilca 1-IGA0001399", R.D. N° 123-2010-MEM/AAE, 2021 Publicación	<1 %
43	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
44	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
45	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
46	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	

Msc. Ing. Manuel Alejandro Borja Suarez
DNI N° 16690047
ASESOR

		<1 %
47	Submitted to D.A. de Ingeniería Civil Trabajo del estudiante	<1 %
48	Submitted to Universidad Nacional de Ingenieria Trabajo del estudiante	<1 %
49	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego 2025 Trabajo del estudiante	<1 %
50	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
51	es.unionpedia.org Fuente de Internet	<1 %
52	livrosdeamor.com.br Fuente de Internet	<1 %
53	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
54	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
55	Submitted to Higher Education Commission Pakistan Trabajo del estudiante	<1 %
56	R. Islas-Olivares, V. Gendrop-Funes, M. Miranda-Aguilar. "Infraestructura Básica Para La Obtención de Larvas (Semilla) De Ostión Japonés (Crassostrea Gigas) Y Ostión Europeo (Ostrea Edulis) En Baja California", Ciencias Marinas, 1978 Publicación	<1 %
57	repositorio.uprit.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Msc. Ing. Manuel Alejandro Borja Suarez

DNI N° 16690047

ASESOR

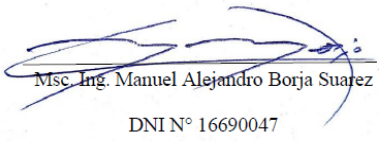
58	vic-www.csiro.au Fuente de Internet	<1 %
59	virtual.urbe.edu Fuente de Internet	<1 %
60	Daniele Rocchio, Ricardo Moya. "Del objeto al proceso: el paisaje de la reconstrucción post-catástrofe", Eidos, 2017 Publicación	<1 %
61	Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS Trabajo del estudiante	<1 %
62	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
63	vdocuments.mx Fuente de Internet	<1 %
64	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
65	CESEL S A. "Primera MEIA de la Unidad Minera Casapalca-IGA0000614", R.D. N° 188 -2019-SENACE-PE/DEAR, 2020 Publicación	<1 %
66	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
67	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
68	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
69	Submitted to Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC Trabajo del estudiante	<1 %
70	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Msc. Ing. Manuel Alejandro Borja Suarez

DNI N° 16690047

ASESOR

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 15 words
Excluir bibliografía	Activo		



Msc. Ing. Manuel Alejandro Borja Suarez

DNI N° 16690047

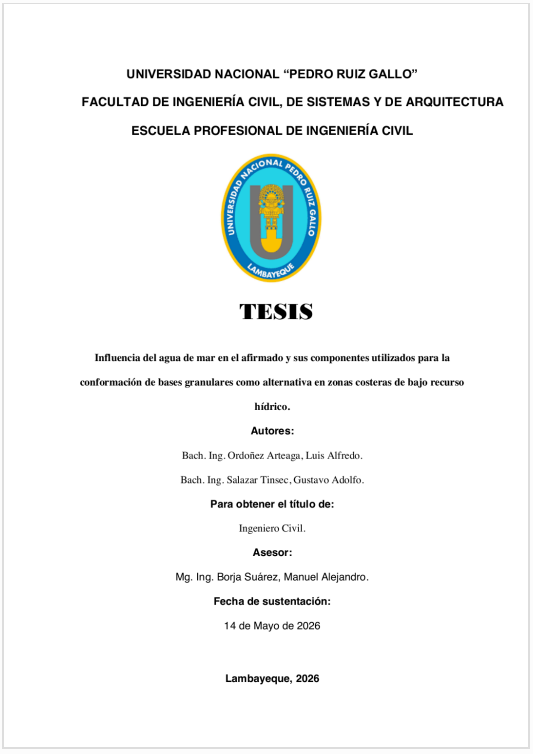
ASESOR

Recibo digital

Este recibo confirma quesu trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Luis Alfredo Ordoñez Arteaga
Título del ejercicio:	Quick Submit
Título de la entrega:	Influencia del agua de mar en el afirmado y sus componentes ...
Nombre del archivo:	omo_alternativa_en_zonas_costeras_de_bajo_recurso_h_drico_...
Tamaño del archivo:	4.41M
Total páginas:	189
Total de palabras:	37,800
Total de caracteres:	219,464
Fecha de entrega:	25-jul-2026 06:47p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	3003229753



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

Influencia del agua de mar en el afirmado y sus componentes utilizados para la conformación de bases granulares como alternativa en zonas costeras de bajo recurso hídrico.

Autores:

Bach. Ing. Ordoñez Arteaga, Luis Alfredo.

Bach. Ing. Salazar Tinsec, Gustavo Adolfo.

Para obtener el título de:

Ingeniero Civil.

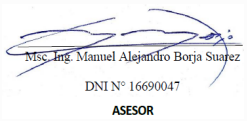
Asesor:

Mg. Ing. Borja Suárez, Manuel Alejandro.

Fecha de sustentación:

14 de Mayo de 2026

Lambayeque, 2026



Msc. Ing. Manuel Alejandro Borja Suarez

DNI N° 16690047

ASESOR

Derechos de autor 2026 Turnitin. Todos los derechos reservados.

Dedicatoria 1

A mis padres, Alejandro y Feliciana, por su amor incondicional, esfuerzo constante y apoyo permanente a lo largo de mi formación académica. A mi hermana Alejandra, por su compañía, comprensión y motivación en cada etapa de este camino. Gracias a su dedicación y confianza he logrado culminar mis estudios y encaminarme a ejercer la profesión con responsabilidad y valores. Mi sincero agradecimiento y afecto para ellos.

Luis Alfredo Ordóñez Arteagal.

Dedicatoria 2

A Dios, fuente de fortaleza, esperanza y sabiduría, por acompañarme y guiarme en cada etapa de mi formación académica y personal, dándome la serenidad y la constancia necesarias para perseverar ante las dificultades.

A mis padres, Jesús y Perpetua, por su amor incondicional, sacrificio permanente y apoyo inquebrantable, pilares fundamentales que han hecho posible el logro de mis objetivos profesionales. Su ejemplo de vida, esfuerzo y valores ha sido la base sobre la cual se ha construido este resultado, y cuyas enseñanzas continúan orientando mi camino.

Gustavo Adolfo Salazar Tinsec.

Agradecimiento 1

A mis familiares y amigos, por su apoyo constante y acompañamiento durante todo este proceso académico.

A la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por la formación brindada a lo largo de la carrera profesional, y al Ingeniero Manuel Alejandro Borja Suárez, asesor de la presente investigación, quien con su experiencia, dedicación y orientación oportuna contribuyó de manera decisiva al desarrollo y culminación de este proyecto.

Luis Alfredo Ordóñez Arteagal.

Agradecimiento 2

Expreso mi sincero agradecimiento a mi familia por brindarme fortaleza, paciencia y apoyo constante durante el desarrollo de la presente tesis.

A mis padres y hermanos, por su confianza, comprensión y por ser un respaldo permanente en cada etapa de este proceso.

De manera especial, al Ingeniero Manuel Borja Suárez, asesor de esta investigación, por su valiosa orientación, experiencia compartida y motivación continua, fundamentales para la culminación de este trabajo.

Gustavo Adolfo Salazar Tinsec.

INDICE GENERAL

Resumen **15**

Abstract **16**

Introducción **17**

I. Diseño Teórico **24**

1.1 Antecedentes de la Investigación 24

1.2 Antecedentes de la Zona del Proyecto 33

1.3 Base Teórica 35

1.3.1 Recursos Hídricos (Rh). 35

1.3.2 Agua de Mar. 35

1.3.3 Cloruro de Sodio (NaCl). 36

1.3.4 Agresividad del Suelo. 37

1.3.5 Compactación. 38

1.3.6 Pavimentos. 39

1.3.7 Subrasante (SB) 40

1.3.8 Capa de Subbase 41

1.3.9 Capa de Base 42

1.3.10 Capa de Afirmado 42

1.3.11 Canteras 44

1.3.12 Diseño Geométrico de Carreteras. 44

1.3.13 Estudio de Suelos. 45

1.3.14 Equipos para Investigación de suelos. 46

1.3.15 Seguridad Vial en Construcción. 47

1.3.16 Estudio de tráfico. 47

1.3.17 Estudio Topográfico. 48

1.3.18 Análisis granulométrico. 49

1.3.19 Clasificación SUCS. 50
1.3.20 Clasificación AASHTO. 55
1.3.21 Contenido de Humedad (CH). 56
1.3.22 Límites de Atterberg. 57
1.3.23 Índice de Plasticidad (IP). 57
1.3.24 Contenido de Sales Solubles en Suelos. 58
1.3.25 Resistencia a la Abrasión. 60
1.3.26 Proctor Modificado. 61
1.3.27 California Bearing Ratio (CBR). 63
1.4 Definiciones Conceptuales 65
1.4.1 Agua de mar. 65
1.4.2 Afirmado. 65
1.4.3 Bases granulares. 66
1.4.4 CBR (California Bearing Ratio) 66
1.4.5 Sales solubles. 66
1.5 Operacionalización de Variables 67
1.5.1 Variable Independiente: 67
1.5.2 Variable Dependiente: 67
1.6 Hipótesis. 69
II. Métodos y Materiales 69
2.1 Tipo de investigación 69
2.2 Método de investigación 69
2.3 Diseño de contrastación. 70
2.4 Población y Muestra 70
2.4.1 Material afirmado: 70
2.4.2 Agua de mar: 79

2.5 Técnica, Instrumentos y Materiales de Recolección de Datos 88

2.5.1. Evaluación de la influencia del agua de mar en las propiedades físicas y mecánicas de la base granular. 88

2.5.2. Análisis del efecto del agua de mar en los límites de consistencia y el contenido óptimo de humedad. 91

2.5.3. Determinación de la distribución granulométrica del material de afirmado. 95

2.5.4. Evaluación de la resistencia de la base granular mediante el ensayo CBR. 97

2.5.5. Análisis del efecto del agua de mar en la máxima densidad seca del material. 99

2.5.6. Comparación de costos de abastecimiento y transporte de agua de mar y agua potable en zonas costeras de Lambayeque. 102

2.6 Cálculos y Procedimientos. 104

2.6.1 Obtención de muestras de afirmado. 104

2.6.2 Ensayos de Laboratorio. 107

2.6.3 Cálculos y resultados de los ensayos ensayo de Proctor modificado. 108

2.6.4 Ensayo de CBR con material de cantera tres tomas. 115

2.6.5 Ensayo de CBR con material de cantera Pátapo la victoria. 129

2.6.6 Ensayo de CBR con material de cantera San Nicolas. 129

2.6.7 Análisis granulométrico por tamizado. 130

2.6.8 Ensayo de análisis de Limite Liquido 136

2.6.9 Ensayo de límite plastico 141

2.6.10 Ensayo de contenido de humedad 145

2.6.11 Ensayo de contenido de sales solubles en suelos 148

2.6.12 Ensayo de abrasión los ángeles 151

III. Resultados 156

3.1. Granulometría. 156

3.2. Resistencia a la Abrasión. 157

3.3. Límites de Atterberg 157

3.4. Sales, Sulfatos, Cloruros y PH 160

3.5. Próctor Modificado – Óptimo Contenido de Humedad 164

3.6 CBR..... 166

3.7 Resultado Específicos. 168

3.7.1. Evaluación de la influencia del agua de mar en las propiedades físicas y mecánicas de la base granular. 168

3.7.2. Análisis del efecto del agua de mar en los límites de consistencia y el contenido óptimo de humedad. 169

3.7.3. Determinación de la distribución granulométrica del material de afirmado. 171

3.7.4. Evaluación de la resistencia de la base granular mediante el ensayo CBR. 172

3.7.5. Análisis del efecto del agua de mar en la máxima densidad seca del material. 173

3.3.6. Comparación de costos de abastecimiento y transporte de agua de mar y agua potable en zonas costeras de Lambayeque. 174

IV. Discusión 177

Conclusiones 183

Recomendaciones 185

Referencias Bibliográficas 186

Anexos 189

Índice de Tablas

Tabla 1. Indicadores de los márgenes aceptables de agresividad del terreno..... 38

Tabla 2. Categorías correspondientes a la SB. 40

Tabla 3. Porcentaje que pasa. 43

Tabla 4. Criterios de calidad. 44

Tabla 5. Número de Tamices para Análisis granulométrico. 49

Tabla 6. Criterios de Clasificación de suelos según el tamaño de las partículas. 51

Tabla 7. Simbología para la clasificación SUCS. 53

Tabla 8. Resumen de la clasificación de suelos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). 54

Tabla 9. Clasificación AASHTO. 55

Tabla 10. Contraste entre categorías de terrenos según SUCS y AASHTO. 56

Tabla 11. Parámetros de plasticidad 58

Tabla 12 Tipos de iones..... 60

Tabla 13. Compuestos salinos solubles más habituales..... 60

Tabla 14. Distribución granulométrica de las muestras de prueba..... 61

Tabla 15. Variantes 62

Tabla 16. Cantidad de Pozos de Sondeo para la Investigación de Suelos 63

Tabla 17. Cantidad de Pruebas MR y CBR..... 64

Tabla 18 Operacionalización de variables. 68

Tabla 19 Coordenadas UTM del Proyecto..... 104

Tabla 20 Ubicación en coordenadas UTM de las canteras..... 105

Tabla 21 Parámetros del Método C..... 110

Tabla 22 Referencia normativa..... 111

Tabla 23 Equipos y materiales 111

Tabla 24 Equipos y materiales 124

Tabla 25 Equipos..... 131

Tabla 26 Equipos, materiales e insumos 136

Tabla 27 Equipos, materiales e insumos 142

Tabla 28 Equipos, materiales 146

Tabla 29 Pasos a seguir para el ensayo: 147

Tabla 30 Equipos, materiales. 148

Tabla 31 Equipos, materiales. 151

Tabla 32 Comparación de costos de abastecimiento y transporte de agua de mar y agua potable. 176

Índice De Figuras

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio en la región Lambayeque..... 33

Figura 2 Capas de un pavimento 39

Figura 3 Gráfico de plasticidad..... 53

Figura 4 Ubicación de la Cantera tres Tomas 72

Figura 5 Ubicación de la Cantera Pátapo La Victoria..... 75

Figura 6 Ubicación de la Cantera San Nicolás 77

Figura 7 Ubicación de Playa San José..... 80

Figura 8 Muestra de agua de mar de la playa de San José..... 81

Figura 9 Ubicación de la playa Pimentel..... 84

Figura 10 Muestra de agua de mar de la playa de Pimentel 84

Figura 11 Límites del proyecto 105

Figura 12 Localización de cantera Tres Tomas..... 106

Figura 13 Localización de la cantera Patapo La Victoria 106

Figura 14 Localización de la cantera San Nicolás..... 107

Figura 15 Muestras antes de ser Tamizada 113

Figura 16 Compresión de la muestra utilizando el émbolo 116

Figura 17 Compactación de muestra..... 116

Figura 18 Molde en la prensa CBR previo a la toma de lecturas con los diales laboratorio de pavimentos-FICSA-UNPRG. 118

Figura 19 Toma de lecturas en la prensa cbr del laboratorio de Pavimentos-FICSA-UNPRG. 119

Figura 20 Molde cilindricode 6". 120

Figura 21 Discos espaciadores. 121

Figura 22 Trípode medidor de expansión. 122

Figura 23 Pesas del laboratorio de Pavimentos UNPRG. 123

Figura 24 Diales de prensa CBR del Laboratorio de Pavimentos FICSA-UNPRG. 123

Figura 25 Preparación de la muestra incorporando las dosificaciones agua calculada. 125

Figura 26 Conjunto de tamices apilados. 132

Figura 27 Platos de porcelana. 132

Figura 28 Muestras de 5Kg de suelo del material de cantera antes del lavado. 133

Figura 29 Muestra de 5Kg de suelo lavado. 133

Figura 30 Muestra de 5Kg de suelo puestas al horno luego del lavado. 135

Figura 31 Tamizado de las muestras pasadas las 24 horas en el horno. 135

Figura 32 Cuchillo en forma de espátula. 138

Figura 33 Agua destilada. 139

Figura 34 Agua de mar de la playa de Pimentel. 139

Figura 35 Agua de mar de la playa de San Jose. 139

Figura 36 Tamizado de muestra por la malla N°40 140

Figura 37 Muestra luego de realizar los golpes con la Copa de Casa Grande. 141

Figura 38 Muestras de las canteras. 143

Figura 39 Removimiento de la muestra para proceder hacer los cilindros elipsoidales 145

Figura 40 Muestras ensayo de contenido de humedad 147

Figura 41 Vertimiento del agua destilada y agua de mar para las muestras 150

Figura 42 Momento de filtración del agua. 150

Figura 43 Muestra ensayo de abrasión de los ángeles. 152

Figura 44 Máquina de los ángeles en la UNPRG. 153

Figura 45 Cuadro resumen – estudio de canteras 154

Figura 46 Cuadro resumen – sales 155

Figura 47 Comparación de la Granulometría de las canteras del material afirmado. 156

Figura 48 Comparativa de hallazgos de la Resistencia a la Abrasión 157

Figura 49 Comparativa de hallazgos directos Límites de Atterberg de la Cantera Tres Tomas 158

Figura 50 Comparación de resultados Límites de Atterberg de la Cantera Pátapo La Victoria 159

Figura 51 Comparación de resultados Límites de Atterberg de la Cantera San Nicolás . 159

Figura 52 Comparativa de resultados de la Playa San José y Playa Pimentel 160

Figura 53 Comparativa de resultados de las Canteras Tres Tomas, Pátapo La Victoria y San Nicolás 161

Figura 54 Cuadro resumen – CBR y Proctor 161

Figura 55 Comparativa de resultados de la MDS del afirmado de la cantera Tres Tomas. 163

Figura 56 Comparativa de hallazgos de la MDS del afirmado de la cantera Pátapo La Victoria. 163

Figura 57 Comparativa de hallazgos de MDS del afirmado de la cantera San Nicolás.... 164

Figura 58 Comparativa específica de resultados del OCH de la Cantera Tres Tomas 164

Figura 59 Comparativa específica de resultados del OCH de la Cantera Pátapo La Victoria 165

Figura 60 Comparativa específica de resultados del OCH de la Cantera San Nicolás..... 165

Figura 62 Comparativa de hallazgos CBR a 0.1" del afirmado de la cantera Pátapo La Victoria..... 167

Figura 63 Comparativa de hallazgos CBR a 0.1" del afirmado de la cantera San Nicolás. 167

Resumen

La presente investigación analiza la influencia del uso de agua de mar en las propiedades del material de afirmado y de sus componentes, empleados en la conformación de bases granulares en zonas litorales con limitada disponibilidad de recursos hídricos. El estudio surge a partir de las condiciones deficientes que presentan las capas de rodadura en áreas costeras, motivo por el cual se evalúa la incidencia del agua marina en el comportamiento del afirmado, mediante ensayos de laboratorio, comparando sus efectos frente al uso de agua potable en términos de propiedades físico-mecánicas.

Desde el punto de vista metodológico, la investigación es de tipo aplicado, con un diseño experimental, enfoque cuantitativo y nivel explicativo, orientado a determinar los efectos derivados del empleo de agua de mar en estudios relacionados con pavimentos y mecánica de suelos.

Para la caracterización del material de afirmado proveniente de las canteras Tres Tomas, Pátapo La Victoria y San Nicolás, se realizaron ensayos de contenido de humedad, análisis granulométrico y resistencia a la abrasión. Asimismo, se ejecutaron las pruebas de Límites de Atterberg, Próctor Modificado y CBR, considerando como variable el uso de agua de mar y agua potable.

El análisis de los resultados evidencia que el empleo de agua marina genera mejoras significativas en las propiedades físico-mecánicas del material de afirmado y de sus componentes. En conclusión, se determina que el uso de agua de mar constituye una alternativa técnicamente viable para proyectos de conformación de bases granulares a nivel de capa de afirmado, optimizando la circulación vehicular en zonas costeras.

Palabras claves: Agua de mar, Afirmado, Bases granulares, CBR, Sales solubles.

Abstract

This research analyzes the influence of using seawater on the properties of unbound granular material and its components, employed in the construction of granular bases in coastal areas with limited availability of freshwater resources. The study arises from the deficient conditions observed in wearing courses in coastal zones; therefore, the effect of seawater on the behavior of the granular material is evaluated through laboratory testing, comparing its performance with that obtained using potable water in terms of physical and mechanical properties.

From a methodological perspective, the research is applied in nature, with an experimental design, a quantitative approach, and an explanatory level, aimed at determining the effects derived from the use of seawater in pavement and soil mechanics studies.

To characterize the granular material obtained from the Tres Tomas, Pátapo La Victoria, and San Nicolás quarries, tests of moisture content, particle size distribution, and abrasion resistance were conducted. In addition, Atterberg limits, Modified Proctor, and CBR tests were performed, considering the use of seawater and potable water as the main variables.

The analysis of the results shows that the use of seawater leads to significant improvements in the physical and mechanical properties of the granular material and its components. In conclusion, seawater is determined to be a technically viable alternative for granular base construction at the unbound layer level, contributing to improved vehicular mobility in coastal areas.

Keywords: seawater, unbound granular material, granular bases, CBR, soluble salts.

Introducción

La infraestructura vial desempeña un papel fundamental en el desarrollo económico y social, ya que permite la integración territorial, el acceso a servicios básicos y el dinamismo de las actividades productivas. En zonas costeras, la construcción y conservación de carreteras enfrenta limitaciones particulares, entre las que destaca la escasa disponibilidad de agua potable, recurso indispensable en los procesos de conformación y compactación de materiales granulares utilizados en las capas de afirmado.

De manera tradicional, el agua potable ha sido empleada en la ejecución de obras viales por su influencia directa en las propiedades físicas y mecánicas de los materiales; sin embargo, en áreas litorales su uso resulta poco sostenible debido a los elevados costos de transporte y a la competencia con el consumo humano.

En este contexto, el agua de mar se presenta como una alternativa potencial, considerando su abundancia en zonas costeras. No obstante, su contenido de sales disueltas plantea interrogantes sobre su efecto en el comportamiento del material de afirmado y de sus componentes, especialmente en parámetros relacionados con la resistencia, plasticidad y capacidad de soporte. La falta de información técnica concluyente a nivel local limita su aplicación en proyectos viales, pese a las ventajas logísticas que podría representar.

Por ello, la presente investigación se orienta a analizar la influencia del uso de agua de mar en las propiedades físico-mecánicas del material de afirmado empleado en la conformación de bases granulares. Mediante la realización de ensayos de laboratorio, se comparan los resultados obtenidos con agua de mar y agua potable, con la finalidad de determinar su viabilidad técnica como alternativa en zonas costeras de bajo recurso hídrico y contribuir al mejoramiento de la transitabilidad vial.

En este contexto, la presente tesis se estructura en cuatro capítulos principales, complementados con una sección de anexos, los cuales permiten presentar de manera ordenada, sistemática y coherente el desarrollo integral de la investigación realizada.

El **Capítulo I** desarrolla el marco teórico y conceptual del estudio, donde se exponen los antecedentes relevantes a nivel internacional, nacional y local, así como las bases teóricas, definiciones conceptuales y fundamentos normativos que sustentan la investigación, permitiendo comprender la problemática abordada y el enfoque adoptado.

El **Capítulo II** describe la metodología aplicada, detallando el tipo, nivel y diseño de la investigación, la población y muestra consideradas, así como las técnicas, instrumentos, equipos y materiales empleados para la recolección y procesamiento de los datos obtenidos mediante ensayos de laboratorio.

El **Capítulo III** se presentan los resultados obtenidos a partir del desarrollo experimental, organizados de acuerdo con los objetivos específicos del estudio, mostrando el comportamiento del material de afirmado y sus componentes frente al uso de agua de mar y agua potable.

El **Capítulo IV** corresponde al análisis y discusión de los resultados, donde se interpretan los hallazgos alcanzados, estableciendo relaciones con los objetivos planteados y contrastándolos con investigaciones previas, a fin de evaluar la influencia del uso de agua de mar en las propiedades físico-mecánicas del material analizado.

Finalmente, la tesis concluye con la presentación de las conclusiones generales y las recomendaciones técnicas y sociales derivadas del estudio, seguidas de las referencias bibliográficas consultadas y los anexos, los cuales contienen información técnica complementaria, cálculos, planos y registros de campo que respaldan el desarrollo de la investigación.

Descripción de la realidad problemática:

En la actualidad, la limitada disponibilidad de recursos hídricos se ha convertido en una problemática de alcance global que impacta de manera directa en sectores estratégicos para el desarrollo económico y social, entre ellos el sector construcción y, de manera particular, la infraestructura vial. La creciente demanda de agua dulce, asociada al incremento poblacional, la expansión urbana no planificada y el desarrollo de actividades productivas intensivas, ha generado una presión significativa sobre las fuentes hídricas continentales, especialmente en regiones áridas y semiáridas.

En las zonas costeras, esta problemática se manifiesta con mayor intensidad, debido a que la escasez de agua potable condiciona los procesos constructivos tradicionales empleados en la conformación de capas granulares y afirmados para vías terrestres. La construcción y mantenimiento de trochas carrozables y carreteras no pavimentadas requiere volúmenes considerables de agua para lograr niveles adecuados de compactación y estabilidad estructural; sin embargo, en muchos casos, el abastecimiento de este recurso implica elevados costos de transporte o la competencia directa con el consumo humano y agrícola.

En el contexto peruano, y particularmente en la región Lambayeque, el crecimiento acelerado de la población ha dado lugar a la formación de asentamientos humanos que dependen de vías en condiciones precarias, construidas sobre suelos de baja capacidad portante y con limitadas especificaciones técnicas. Estas condiciones generan fallas recurrentes en la estructura vial, tales como deformaciones permanentes, pérdida de capacidad de soporte y deterioro prematuro de la capa de rodadura, incrementando los costos de mantenimiento y afectando la transitabilidad y seguridad vial.

Ante esta realidad, surge la necesidad de evaluar alternativas técnicas que permitan optimizar el uso de recursos disponibles sin comprometer la calidad estructural de las vías. En este escenario, el empleo de agua de mar en la conformación de bases granulares y capas de afirmado se presenta como una opción de interés técnico, considerando su disponibilidad en zonas costeras y su potencial influencia en las propiedades físico-mecánicas de los materiales granulares. No obstante, la ausencia de lineamientos técnicos claros y estudios locales concluyentes limita su aplicación, lo que evidencia la necesidad de investigaciones que analicen su comportamiento, viabilidad y compatibilidad con los requerimientos normativos vigentes, a fin de contribuir a una gestión más eficiente y sostenible de los recursos hídricos en la infraestructura vial.

Formulación del problema de investigación:

¿Cómo influye el agua de mar en el afirmado y sus componentes utilizados para la conformación de bases granulares en zonas costeras con escasez de recurso hídrico?

Objetivos de la investigación:

Objetivo general:

Evaluar la influencia del agua en el afirmado y sus componentes utilizados para la conformación de bases granulares, mediante la realización de ensayos de suelos, para determinar su impacto en la resistencia y durabilidad

Objetivos específicos:

A continuación, se presentan los objetivos específicos planteados para la ejecución y desarrollo del proyecto:

1. Evaluar la influencia del uso de agua de mar en la estabilidad química del material de afirmado, específicamente como esta exposición altera los niveles de sulfatos,cloruros y ph.

2. Analizar el efecto del agua de mar en los límites de consistencia y el contenido óptimo de humedad del material de afirmado utilizado en la conformación de la base granular.
3. Determinar la distribución granulométrica de los agregados del material de afirmado empleados para la conformación de la base granular, conforme a los criterios normativos vigentes.
4. Evaluar la influencia del uso de agua de mar en la resistencia de la base granular, mediante la determinación del valor del Índice de Soporte California Bearing Ratio (CBR).
5. Analizar el efecto del agua de mar en la máxima densidad seca alcanzada durante el proceso de compactación de la base granular.
6. Realizar un análisis comparativo de costos del uso de agua de mar frente al uso de agua potable, considerando el transporte y abastecimiento en zonas costeras de la región Lambayeque.

Justificación de la Investigación

La presente investigación titulada "Influencia del agua de mar en el afirmado y sus componentes utilizados para la conformación de bases granulares como alternativa en zonas costeras de bajo recurso hídrico en el Perú" surge a partir de la problemática de escasez de agua dulce que afecta a las zonas costeras del país, donde este recurso es destinado prioritariamente al consumo humano y a la actividad agrícola, limitando su uso en proyectos de infraestructura vial.

Ante este escenario, se plantea la evaluación del uso controlado de agua de mar en la conformación de bases granulares, como una alternativa técnica orientada a optimizar el aprovechamiento de recursos hídricos disponibles sin comprometer el

desempeño estructural del afirmado. Esta propuesta busca verificar que las propiedades mecánicas del material, tales como la densidad seca máxima y la capacidad de soporte, cumplan con las exigencias establecidas en la normativa vial vigente.

Desde el enfoque técnico, el estudio contribuye a generar conocimiento sobre el comportamiento de los materiales granulares compactados con agua de mar, un tema poco desarrollado en la ingeniería vial nacional. Asimismo, promueve una gestión más eficiente y sostenible de los recursos, reduciendo la presión sobre las fuentes de agua dulce y favoreciendo la viabilidad de proyectos viales en entornos costeros con limitaciones hídricas.

En lo teórico, la investigación contribuye al cuerpo de conocimiento en mecánica de suelos y diseño de pavimentos al analizar de manera sistemática los efectos del uso de agua de mar sobre las propiedades de materiales granulares empleados en bases viales. Al generar evidencia experimental sobre comportamiento físico-mecánico (límites de consistencia, granulometría, densidad seca máxima, CBR), el estudio llena un vacío en la literatura local respecto a alternativas hídricas para la construcción en zonas costeras y provee insumos para la formulación de criterios técnicos adaptados al contexto regional.

En lo práctico, desde la perspectiva operativa, el estudio provee información aplicable para la selección y manejo de materiales en obras viales costeras, permitiendo a ingenieros y contratistas evaluar la viabilidad del empleo controlado de agua de mar en procesos de conformación y compactación. Los resultados facilitan la toma de decisiones relativas a especificaciones de obra, procedimientos de control de calidad y estimaciones de vida útil, lo que puede traducirse en mejoras en la durabilidad de las capas de afirmado y en la reducción de intervenciones correctivas**.**

En lo tecnológico, el trabajo aporta directrices técnicas sobre ensayos de laboratorio y protocolos de ensayo en presencia de agua salina, así como

recomendaciones sobre procedimientos de compactación y control de sales solubles en agregados. Estos aportes permiten identificar necesidades de adaptación en equipos de obra, métodos de dosificación y control, y posibilitan el desarrollo de recomendaciones o guías técnicas que podrían incorporarse en normativas locales o en especificaciones de proyectos viales en zonas costeras

En lo social, el estudio tiene implicancia social al proponer una alternativa que puede disminuir el consumo de agua potable en actividades de construcción, liberando este recurso para usos prioritarios como el abastecimiento humano y la agricultura. La mejora en la calidad y mantenimiento de las vías favorece la conectividad, reduce costos logísticos para poblaciones rurales y periurbanas, y contribuye al desarrollo económico local. Además, la investigación promueve prácticas más sostenibles en la gestión de recursos hídricos, lo que repercute positivamente en la resiliencia de las comunidades costeras frente a la escasez de agua.

I. Diseño Teórico

1.1 Antecedentes de la Investigación

A Nivel Internacional

Himawan, M., (2021) desarrolló un estudio de corte investigativo orientado a analizar cómo incide el uso de agua marina (AM) en el procedimiento de consolidación de terrenos de tipo arcilloso, obtenidos en datos obtenidos de estudios anteriores. Para ello, realizó una comparación entre las propiedades geotécnicas obtenidas con agua marina proveniente del litoral de Turquía y las obtenidas empleando agua dulce o potable (AP). Los hallazgos determinaron que, para el límite líquido (LL), el suelo tratado con AM presentó un valor de 37,80%, mientras que con AP alcanzó 56,90%; en el límite plástico (LP) se registraron 8,85% para AM y 24,03% para AP; y en el índice de plasticidad (IP), 28,95% para AM y 32,87% para AP. Finalmente, la humedad óptima de compactación (OCM) mostró un ligero incremento al utilizar AM, con 16,50% frente a 14,25% con AP. El autor consideró que el empleo de agua marina produce una reducción considerable de los valores de LL, LP e IP en comparación con el uso de agua dulce, lo cual implica una menor plasticidad y, por tanto, una mejora en la trabajabilidad del material. El incremento moderado en la OCM evidencia que el suelo tratado con AM requiere una cantidad ligeramente mayor de humedad para alcanzar su densidad máxima durante la compactación; este comportamiento podría estar relacionado con procesos de intercambio iónico y floculación generados por la presencia de ventas en el agua marina, lo que contribuye a mejorar la estructura interna del suelo. Basado en la perspectiva geotécnica, se confirma que el AM puede favorecer la consolidación y estabilidad de suelos arcillosos, representando una técnica alternativa viable para obras en zonas costeras con disponibilidad limitada de agua dulce.

Netterberg, (2023), en su investigación dada en Sudáfrica, con el fin de determinar cómo utilizar el AM para la compactación de bases de piedra triturada durante la ejecución de una carretera dada del Km 3.3 hasta el Km 4.0. Adecuado a las especificaciones de agua para la construcción (3.2 a 3.7% de salinidad), se Determinar la salinidad a partir de muestras de algunas secciones de la capa compactada después de 24 hrs. Los hallazgos mostraron un grado de 3.5% de salinidad del AM considerándose conveniente ya que se obtuvo 2.7% de NaCI. La compactación con AM se hizo a partir del Km 3.3 hasta 3.6 mientras que el agua dulce del Km 3.7 hasta 4.0, los ensayos efectuados en el laboratorio mostraron conforme a la granulometría: AM (93% vs 96% pasa 26,5 mm); Gravedad específica: AM en 2.42 y agua dulce en 2.40; PI: 5% ambos; Compactación MAASHO: agua dulce 101%, AM 99%; Para el OCM: AM 5,5%, agua dulce 5,2%; Para el CBR: AM 120%, agua dulce >120%; Campo CBR: Ambos >120%. En conclusión, aunque existen algunas diferencias menores, el uso de AM parece tener un impacto mínimo en sus propiedades finales. Muestra características muy favorables para su uso en construcción, con excelentes valores de compactación y capacidad de soporte correspondiente al suelo. Esto sugiere que el AM es una opción viable, lo que podría ser particularmente útil en zonas costeras donde el agua dulce puede ser un recurso limitado.

Hattamleh, O., Al-Busoul, M., & Al-Tarawneh, K., (2020) realizaron un análisis con la finalidad de examinar el efecto del empleo de agua de mar (AM) como aditivo principal sobre las características geotécnicas de un suelo arcilloso, a partir de la compilación y comparación de antecedentes experimentales; el AM utilizado presentaba aproximadamente 35% de sales y 65% de agua, con 27,7% de NaCl dentro de la fracción salina. De acuerdo con los datos reportados, la incorporación de AM produjo una disminución del límite líquido (LL), del límite plástico (LP) y del índice de plasticidad

(IP); Además, la humedad óptima de compactación (OMC) se redujo de 33% a 31%, tanto que la densidad seca máxima (MDS) se incrementó de 1,340 a 1,396 g/cm³. Este comportamiento se explica por fenómenos de intercambio catiónico (Na+, Mg2+, Ca2+) y compresión de la doble capa difusa que promueven floculación/aglomeración, disminuyen el grosor de la capa de agua adherida y favorecen un empaquetamiento más eficiente de las partículas finas, con la consiguiente reducción de la plasticidad y mejora de la compactación. En consecuencia, el uso de AM como agente estabilizador mejora el desempeño del material arcilloso, particularmente al reducir la susceptibilidad a cambios volumétricos bajo ciclos de humedecimiento-secado, lo que se traduce en una evolución favorable de las características de ingeniería de la SB.

Kady et al., (2020), en su estudio de corte investigativo se propuso un análisis evaluativamente la relación de influencia del agua marina sobre las características geotécnicas y características de hinchamiento. Los porcentajes del agua salada fueron en 5, 10, 20, 30, 50 y 60%. Los resultados mostraron una notable disminución de LL en 47.8%, el LP en disminución del 6.2% en una concentración del 60%. Respecto a las propiedades de compactación, también se evidenciaron mejoras. La MDS mostró un incremento, pasando de 17,83 kN/m³ a 18,95 kN/m³. Por otro lado, el OMC se redujo del 15,6% al 12%. Al igual que con los límites de Atterberg. Como conclusión de su estudio, los investigadores sugirieron la necesidad de realizar más investigaciones. Recomendaron realizar investigaciones complementarias que traten distintas clases de terrenos y exploren diversas proporciones de mezcla con agua salada.

Las investigaciones internacionales revisadas evidencian, de manera consistente, que el empleo de agua de mar influye favorablemente en las propiedades físico-mecánicas de suelos y materiales granulares, principalmente mediante la reducción de la plasticidad, la mejora en la compactación y el incremento de la capacidad portante. Los estudios de

Himawan, M., (2021), Himawan, M., (2021), Hattamleh, O., Al-Busoul, M., & Al-Tarawneh, K., (2020) demuestran que la presencia de sales disueltas en el agua marina promueve procesos físico-químicos que optimizan el comportamiento geotécnico del material, mientras que Netterberg, (2023) confirma su viabilidad práctica en obras viales a escala real. En este sentido, dichos antecedentes respaldan el enfoque de la presente tesis, al proporcionar sustento técnico y experimental para evaluar el uso de agua de mar en la conformación de bases granulares, particularmente en zonas costeras con limitada disponibilidad de agua dulce, contribuyendo a validar esta alternativa como una opción técnica y sostenible en la ingeniería vial.

A Nivel Nacional

Mamani Pacohuanaco, (2022) desarrolló una investigación orientada a analizar los efectos del uso de agua de mar en el revestimiento de afirmado de la vía carrozable ubicada en la localidad de Playa El Chasqui, en la región Tacna. Los resultados evidenciaron variaciones en los límites de consistencia, registrándose un límite líquido de 28,39 % al emplear agua de mar, en comparación con el uso de agua potable. Asimismo, el límite plástico alcanzó valores de 22,7 % con agua de mar y 20,5 % con agua potable, mientras que el índice de plasticidad presentó valores cercanos, siendo de 5,7 % y 5,5 %, respectivamente.

En relación con los parámetros de compactación, se observó una ligera reducción en la máxima densidad seca al utilizar agua de mar, alcanzando 2,21 g/cm³ frente a 2,17 g/cm³ obtenidos con agua potable. Por su parte, el contenido óptimo de humedad fue de 8,2 % para el caso del agua de mar y de 8,5 % cuando se empleó agua potable. Respecto a la capacidad de soporte, los ensayos CBR mostraron un incremento significativo al emplear agua de mar, alcanzando un valor de 50,00 % al 100 % de la máxima densidad seca, frente a 43,65 % con agua potable. De igual manera, al 95 % de la máxima densidad

seca, se obtuvo un CBR de 44,30 % con agua de mar, en contraste con 35,45 % utilizando agua potable.

El estudio determinó que la dosificación óptima de agua de mar para la estabilización del afirmado fue de 82 kg por cada tonelada de material. Adicionalmente, se destacó la influencia de la higroscopicidad del cloruro de sodio presente en el agua de mar, propiedad que favorece la retención de humedad en el afirmado, contribuyendo a mejorar su comportamiento y durabilidad. En consecuencia, la investigación concluyó que el empleo de agua de mar no solo mejora las condiciones estructurales y de conservación de la vía, sino que también constituye una alternativa técnica viable y ambientalmente favorable frente a otros métodos convencionales de estabilización.

De la Cruz, M., Sánchez, L., & Torres, H., (2022) desarrollaron una investigación orientada a evaluar el uso de agua de mar en subbases afirmadas empleadas en carreteras, a través de la ejecución de diversos ensayos de laboratorio. Los resultados obtenidos evidenciaron mejoras relevantes en el índice de soporte California Bearing Ratio (CBR), parámetro fundamental para la evaluación de la capacidad resistente de las estructuras viales. El estudio comparó el comportamiento del material cuando se utilizó agua potable y cuando se empleó agua de mar durante el proceso de preparación y compactación.

Al utilizar agua potable, los valores de CBR registrados fueron de 64,30 %, 78,30 % y 95,20 %. En contraste, el uso de agua de mar permitió alcanzar valores superiores de CBR, correspondientes a 99,20 %, 90,90 % y 109,10 %, lo que representó un incremento promedio aproximado del 34,90 % en la capacidad de soporte del material. Asimismo, se observó un ligero aumento en la máxima densidad seca al emplear agua de mar, pasando de 2,139 g/cm³ a 2,145 g/cm³, así como un incremento marginal del contenido óptimo de humedad, que varió de 7,00 % a 7,50 %.

A partir de estos resultados, los autores concluyeron que la incorporación de agua de mar en la conformación de subbases afirmadas genera un efecto favorable en el desempeño mecánico del material, evidenciándose principalmente en el aumento significativo del CBR, lo que respalda su viabilidad como alternativa técnica en la construcción de infraestructura vial en zonas con restricciones de agua dulce.

Aguilar, P., & Bances, J., (2021), realizaron un estudio orientado a evaluar el fortalecimiento de la infraestructura vial mediante la incorporación de agua de mar en suelos utilizados para subbase en la localidad de Huacacorral, región La Libertad. Los autores determinaron inicialmente que el suelo natural de control correspondía a una clasificación de limo arcilloso, de acuerdo con el sistema AASHTO.

Los ensayos efectuados sobre la muestra sin tratamiento con agua de mar evidenciaron valores de CBR de 3,8 % para un grado de compactación del 95 % y de 4,9 % al 100 % de compactación. Conforme a la normativa técnica peruana, dichos resultados indicaron que el material no cumplía con los requisitos mínimos de resistencia para ser empleado como subbase, por lo que requería ser reemplazado o estabilizado.

No obstante, al incorporar agua de mar en el proceso de preparación del suelo, se observó una mejora sustancial en su capacidad portante. Los valores de CBR se incrementaron hasta 6,8 % al 95 % de compactación y alcanzaron 11 % al 100 %, superando el valor mínimo exigido por la normativa nacional. En consecuencia, el material tratado con agua de mar resultó apto para su utilización como subbase, sin requerir tratamientos adicionales. Estos resultados evidencian que el uso de agua marina contribuye de manera significativa a la mejora de las propiedades mecánicas del suelo, transformando un material inicialmente inadecuado en uno funcional para la estructura del pavimento.

Cuya, R., & Paco, J., (2021) desarrollaron una investigación orientada a identificar los indicadores geomecánicos que influyen en la mejora del comportamiento de suelos granulares finos, mediante su estabilización con agua de mar. Las muestras de agua marina fueron recolectadas en sectores cercanos a los puntos de muestreo de suelo ubicados en el distrito de Villa El Salvador, la localidad de Chilca y la playa turística de Asia. El análisis químico del agua de mar evidenció una concentración promedio de cloruro de sodio (NaCl) del 3,50 %, valor que se encuentra dentro de los rangos establecidos por el Centro Nacional de Datos Oceanográficos (NODC).

Los resultados obtenidos demostraron incrementos significativos en la capacidad portante del material tratado. Se registró un aumento promedio del 48 % en los valores de CBR; específicamente, cuando la máxima densidad seca alcanzó el 98 %, el CBR se incrementó en aproximadamente 28 %, mientras que para un nivel de compactación del 95 %, el incremento promedio del CBR fue del 50 %. Asimismo, los autores recomiendan que la captación de agua de mar se realice en zonas alejadas de desembocaduras de ríos, descargas de aguas residuales y áreas destinadas al vertimiento de desechos, a fin de evitar alteraciones en su composición química y garantizar resultados confiables.

Por su parte, Luna Enriquez & Yzaguirre Caballero, (2019) llevaron a cabo un estudio enfocado en la modificación de un suelo limo arcilloso, clasificado según el sistema AASHTO, mediante la incorporación de cloruro de sodio con una pureza del 91,70 %. El objetivo principal de la investigación fue mejorar las propiedades físico-mecánicas del suelo, particularmente aquellas relacionadas con su resistencia y comportamiento estructural, evaluando el efecto del contenido salino sobre su desempeño como material de soporte en infraestructura vial.

Luna Enriquez & Yzaguirre Caballero, (2019) desarrollaron una investigación orientada a analizar la modificación de un suelo limo arcilloso, clasificado conforme al

sistema AASHTO, mediante la incorporación de cloruro de sodio (NaCl) con una pureza del 91,70 %, con el propósito de mejorar las propiedades mecánicas del suelo patrón a través de un proceso de estabilización. Para tal fin, se prepararon dos mezclas experimentales, una con un contenido del 5 % de NaCl y otra con 7 %, a fin de evaluar su incidencia en la resistencia del material.

Los resultados obtenidos evidenciaron una variación significativa en los valores de Soporte de California (CBR). La muestra estabilizada con 5 % de NaCl presentó un incremento considerable en su capacidad portante, alcanzando un valor de CBR de 16,06 %. En contraste, la mezcla con 7 % de NaCl registró un valor de CBR de 7,55 %, inferior al obtenido con la dosificación menor e incluso por debajo del suelo sin estabilizar. Estos resultados demuestran que una dosificación excesiva de NaCl puede generar efectos negativos en la resistencia del suelo.

Luna Enriquez & Yzaguirre Caballero, (2019)En función de los hallazgos, los autores concluyeron que la incorporación de un 5 % de NaCl constituye la dosificación óptima para la estabilización de suelos de características similares, ya que permite mejorar de manera significativa su firmeza y desempeño estructural. En consecuencia, se recomienda el uso de dicha proporción como una alternativa eficaz para la optimización de las propiedades mecánicas del terreno en aplicaciones de infraestructura vial.

Las investigaciones desarrolladas a nivel nacional evidencian que el empleo de agua de mar o de componentes salinos genera mejoras sustanciales en el comportamiento mecánico de materiales utilizados en infraestructura vial, principalmente en términos de capacidad portante, compactación y durabilidad. Los estudios de Mamani (2022), De la Cruz et al. (2022), Aguilar y Bances (2021), Cuya y Paco (2021), así como Luna y Yzaguirre (2019), demuestran que la incorporación de agua de mar o sales disueltas incrementa de manera significativa los valores de CBR y optimiza las propiedades del

afirmado y de las subbases, validando su viabilidad técnica como alternativa de estabilización. En este contexto, la presente tesis se relaciona directamente con dichos antecedentes al evaluar la influencia del agua de mar en el afirmado y sus componentes para la conformación de bases granulares, incorporando además un enfoque aplicado a zonas costeras con limitada disponibilidad de agua dulce, lo que permite ampliar y complementar el conocimiento existente en el ámbito de la ingeniería vial peruana.

A Nivel Local

En el ámbito regional de Lambayeque no se identifican antecedentes de investigaciones que aborden de manera específica el uso de agua de mar en los procesos de compactación de bases granulares aplicadas a infraestructura vial en zonas costeras con limitada disponibilidad de recursos hídricos. Esta ausencia de estudios locales pone en evidencia el carácter innovador y la relevancia del presente trabajo, el cual propone evaluar una alternativa técnica orientada a mejorar los procedimientos constructivos en sectores del litoral peruano donde el acceso al agua dulce es restringido.

La falta de referencias científicas desarrolladas a nivel regional justifica la necesidad de realizar un estudio inicial que permita establecer criterios técnicos y lineamientos preliminares para su aplicación en la ingeniería vial costera. Asimismo, la investigación busca aportar información sobre el comportamiento mecánico de los materiales granulares, la interacción agua–suelo y su desempeño bajo condiciones de salinidad, aspectos clave para garantizar la funcionalidad y durabilidad de las estructuras viales.

De este modo, el estudio pretende constituirse en un referente para futuras investigaciones vinculadas al empleo de técnicas de estabilización no convencionales y a

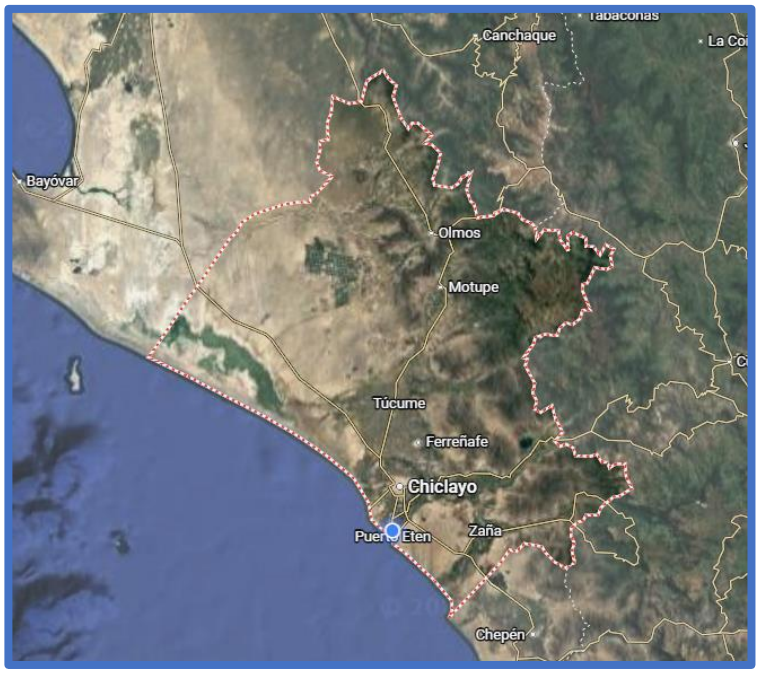
la optimización del uso de recursos en proyectos de infraestructura desarrollados en entornos litorales.

1.2 Antecedentes de la Zona del Proyecto

El área donde se desarrolla el proyecto se localiza en una zona costera de la región Lambayeque, la cual presenta condiciones climáticas secas y una oferta limitada de agua dulce. Esta situación ha generado dificultades en la ejecución y mantenimiento de obras viales, especialmente en los procesos de compactación de capas de afirmado. Frente a esta realidad, se vuelve pertinente analizar el uso de recursos disponibles en el entorno, como el agua de mar, con el propósito de optimizar el desempeño de los materiales empleados y contribuir al desarrollo eficiente de la infraestructura vial local.

Figura 1.

Ubicación geográfica del área de estudio en la región Lambayeque.



Fuente: Software Google Earth

1.2.1. Relieve

El área de estudio se localiza en la franja costera de la región Lambayeque, caracterizada por un relieve predominantemente plano a ligeramente ondulado, propio de las llanuras aluviales y costeras. Estas condiciones facilitan el desarrollo de infraestructura vial; sin embargo, la baja pendiente y la naturaleza granular de los suelos requieren un control adecuado de la compactación y del comportamiento mecánico de las capas estructurales.

1.2.2. Clima

La zona del proyecto presenta un clima cálido y semiárido, con precipitaciones escasas durante la mayor parte del año. Las temperaturas son moderadas a altas, y la humedad relativa es elevada debido a la cercanía al mar. La limitada disponibilidad de agua dulce constituye una restricción relevante para las actividades constructivas, especialmente en procesos como la compactación de capas granulares.

1.2.3. Población

La población del entorno del proyecto se concentra principalmente en áreas urbanas y periurbanas, con un crecimiento progresivo asociado a la expansión de actividades económicas y de servicios. La infraestructura vial cumple un rol fundamental en la conectividad local, el transporte de bienes y el acceso a servicios básicos, lo que justifica la necesidad de optimizar las técnicas constructivas empleadas.

1.2.4. Actividades Económicas

Las principales actividades económicas de la zona incluyen la agricultura, el comercio, la pesca artesanal y los servicios vinculados al sector urbano. Estas actividades dependen directamente del adecuado funcionamiento de la red vial, por lo que la mejora en los procesos de construcción y mantenimiento de vías contribuye al desarrollo económico y social del área de influencia.

1.3 Base Teórica

La presente investigación se sustenta en los principios y conceptos propios de la ingeniería civil, con énfasis en la ingeniería vial y la mecánica de suelos, aplicados al estudio del comportamiento de capas granulares en obras de pavimentación.

1.3.1 Recursos Hídricos (Rh).

Los recursos hídricos se definen como el conjunto de aguas disponibles en el planeta que pueden ser aprovechadas por el ser humano para satisfacer necesidades básicas, productivas y ambientales. Estos recursos comprenden las aguas superficiales, subterráneas y congeladas, cuya distribución espacial no es homogénea, generando escenarios de abundancia en algunas regiones y escasez en otras, (Kady et al., 2020a)

A nivel global, el agua dulce representa aproximadamente el 2,5 % del total del agua existente en la Tierra; sin embargo, solo una fracción mínima de este porcentaje se encuentra disponible de forma superficial y accesible para el uso humano. Esta limitada disponibilidad obliga a una gestión eficiente del recurso, especialmente en sectores como la ingeniería civil, donde el consumo de agua es significativo durante la ejecución de obras de infraestructura.

En proyectos viales, el agua cumple un rol esencial en la compactación de suelos y materiales granulares, influyendo directamente en la densidad, la resistencia y el desempeño estructural de las capas que conforman el pavimento. No obstante, el uso indiscriminado de agua potable en zonas con restricciones hídricas genera impactos negativos en la sostenibilidad del proyecto.

1.3.2 Agua de Mar.

El agua de mar es una solución natural compuesta por agua y una diversidad de sales minerales disueltas, cuya concentración varía según factores como la evaporación, la precipitación, la temperatura y el aporte de agua dulce continental. En términos generales, presenta una salinidad media cercana a 35 unidades prácticas de salinidad

(PSU), valor que puede incrementarse en mares cerrados o semi-cerrados debido a una mayor evaporación y menor recambio hídrico, (Chavez et al., 2020).

Desde el punto de vista ingenieril, el agua de mar adquiere relevancia por su disponibilidad constante en zonas costeras y por la presencia de sales que pueden modificar el comportamiento de los suelos y materiales granulares. Diversos estudios han evidenciado que su uso puede generar variaciones en los límites de consistencia, la humedad óptima de compactación y la densidad seca máxima, dependiendo del tipo de suelo y del contenido salino.

La aplicación del agua de mar en procesos de compactación debe ser evaluada cuidadosamente, considerando sus efectos sobre la resistencia mecánica, la durabilidad de las capas viales y los posibles impactos ambientales. No obstante, en escenarios donde el acceso al agua dulce es limitado, su uso controlado representa una alternativa técnica que puede contribuir a la optimización de los recursos hídricos sin comprometer la calidad estructural de la obra.(Mohanty et al., 2022)

1.3.3 Cloruro de Sodio (NaCl).

El cloruro de sodio, conocido comúnmente como sal común o halita en su estado natural, es un compuesto químico cuya fórmula es NaCl y constituye el principal componente salino del agua de mar. Este compuesto está formado por sodio y cloro, elementos que, al disolverse en agua, generan iones capaces de interactuar con las partículas del suelo y modificar su comportamiento físico-mecánico (Milla & Geraldine, 2020).

En el ámbito de la ingeniería vial, el cloruro de sodio ha sido utilizado como agente estabilizador y controlador de polvo en caminos no pavimentados. Su capacidad higroscópica permite retener humedad en la superficie del suelo, reduciendo la generación de partículas finas en suspensión y mejorando la cohesión aparente del material.

Asimismo, puede favorecer la compactación al facilitar un empaquetamiento más eficiente de las partículas granulares.

No obstante, el uso de NaCl requiere una dosificación adecuada, ya que concentraciones excesivas pueden generar efectos negativos, como la pérdida de estabilidad superficial, incremento de la corrosión en elementos metálicos y alteraciones en el equilibrio químico del suelo. Además, su aplicación debe considerar los posibles impactos ambientales, especialmente en lo relacionado con la salinización del suelo y la afectación de la vegetación circundante.

1.3.4 Agresividad del Suelo.

La agresividad del suelo se refiere a la capacidad del medio edáfico para generar procesos de deterioro químico o físico en los materiales de construcción con los que entra en contacto. Este comportamiento está asociado a factores como la salinidad, el contenido de humedad, el pH y la presencia de agentes químicos disueltos, los cuales pueden influir en la durabilidad de las estructuras viales.

En proyectos de infraestructura, la evaluación de la agresividad del suelo resulta fundamental para identificar riesgos potenciales y adoptar medidas de diseño que aseguren la estabilidad y vida útil de la obra. Normativas internacionales, como el ACI 318, establecen rangos de referencia que permiten clasificar el nivel de agresividad y definir criterios técnicos adecuados para la selección de materiales y procedimientos constructivos.(Chavez et al., 2020)

En el caso de suelos expuestos al uso de agua de mar, la presencia de sales puede incrementar la agresividad química del entorno, por lo que resulta indispensable analizar su comportamiento y compatibilidad con los materiales granulares utilizados en la base

del pavimento. Esta evaluación permite garantizar un desempeño estructural adecuado y minimizar riesgos asociados a procesos de degradación a largo plazo.

Tabla 1.

Indicadores de los márgenes aceptables de agresividad del terreno.

Partículas en la masa de suelo	Partes por millón (ppm)	Grado de alteración	Observaciones
*Sulfatos	0 - 1000	Despreciable	Provoca una agresión química al hormigón de las bases.
	1000 - 2000	Moderado	
	2000 - 20000	Severo	
	> 20000	Muy severo	
**Cloruros	> 6000	Perjudicial	Genera inconvenientes de oxidación en las armaduras o componentes metálicos.
**Sales solubles totales	> 15000	Perjudicial	Produce disminución de la resistencia mecánica debido a procesos de lixiviación

Fuente: Reglamentos globales ACI 318 - 83

1.3.5 Compactación.

La humedad óptima de compactación (OCH) y la densidad seca máxima (MDD) son indicadores fundamentales para analizar las propiedades mecánicas y de consolidación de los suelos, pues permiten evaluar la capacidad del terreno para desarrollar una estructura estable y resistente bajo cargas reales. Estos parámetros inciden directamente en el comportamiento del material frente a solicitaciones repetidas, asentamientos diferenciales y cambios en el contenido de humedad a lo largo de la vida útil de la infraestructura. Para su determinación, se empleará el ensayo de compactación Proctor Modificado, ejecutado siguiendo estrictamente las especificaciones técnicas de las normas ASTM D1557 y NTP 339.141, lo que garantiza uniformidad en la metodología y resultados fiables y comparables. Este procedimiento consiste en aplicar energía de compactación controlada sobre muestras representativas, registrando la relación entre

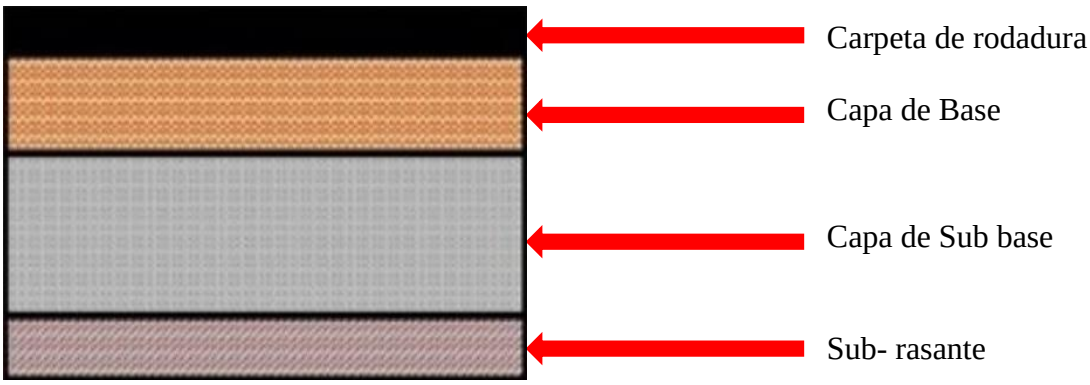
humedad y densidad hasta identificar el punto en que el suelo alcanza su densidad seca máxima posible con el menor contenido de vacíos, optimizando así su capacidad portante y prolongando la durabilidad de obras viales y proyectos de ingeniería civil.(*Ministerio de Transportes y Comunicaciones*, s. f.)

1.3.6 Pavimentos.

Los pavimentos se caracterizan por la incorporación de material pétreo en su estructura, cuya dureza, granulometría y resistencia varían en función de su finalidad y del nivel de solicitación previsto, especialmente en la capa de rodadura, que es la zona directamente expuesta al tránsito vehicular y a las condiciones ambientales. Esta estructura se dispone sobre la subrasante (SB) y está conformada por un sistema multicapa que incluye, según el tipo de diseño, capas de subbase, base y revestimiento, todas ellas calculadas y dispuestas conforme a normas técnicas y criterios de ingeniería vial. La selección de materiales para cada capa se efectúa considerando su comportamiento mecánico, capacidad de drenaje, durabilidad y resistencia a la deformación permanente, así como las cargas dinámicas y estáticas que deberán soportar a lo largo de su vida útil. El propósito fundamental es conformar una superficie continua, estable y segura, capaz de distribuir las cargas de manera eficiente hacia las capas inferiores, minimizando deformaciones y daños estructurales, garantizando con ello un adecuado desempeño funcional y estructural frente a la circulación vehicular, la acción de agentes climáticos y otros factores que puedan comprometer su integridad (Netterberg, 2023).

Figura 2

Capas de un pavimento



1.3.7 Subrasante (SB)

El subrasante (SB) representa la capa más inferior de la estructura vial y actúa como el fundamento portante sobre el cual descansarán las capas superiores del pavimento. Su función principal es soportar e distribuir las cargas de diseño hacia el terreno natural sin que se produzcan deformaciones excesivas que comprometan la estabilidad de la vía. La conformación de la SB puede originarse tanto por procesos de corte y excavación como mediante rellenos controlados, los cuales deben compactarse cuidadosamente hasta alcanzar la densidad y resistencia especificadas en los parámetros de diseño. Durante su ejecución, se le otorga una pendiente transversal (coronamiento) con el fin de favorecer el escurrimiento superficial y prevenir la concentración de agua que podría disminuir su capacidad portante. Esta etapa se realiza inmediatamente después de culminar las labores de movimiento de tierras, y su correcta preparación es decisiva para garantizar la adecuada colocación del afirmado o de las capas estructurales del pavimento, asegurando así el desempeño y durabilidad de la infraestructura vial (Chavez et al., 2020).

Tabla 2.

Categorías correspondientes a la SB.

Clases de Subrasante	CBR
S0: *Subrasante inadecuado*	*CBR* < 3%
S1: *Subrasante insuficiente*	*CBR* ≥ 3% a *CBR* < 6%
S2: *Subrasante regular*	*CBR* ≥ 6% a *CBR* < 10%
S3: *Subrasante buena*	*CBR* ≥ 10% a *CBR* < 20%
S4: *Subrasante muy buena*	*CBR* ≥ 20% a *CBR* < 30%
S5: *Subrasante excelente*	*CBR* ≥ 3%

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

La superficie expuesta de la subrasante (SB) debe mantenerse a una altura mínima específica sobre el nivel freático para garantizar su capacidad portante y estabilidad estructural, de acuerdo con la calidad del suelo evaluada mediante el Índice CBR. Para una SB excelente o muy buena (CBR ≥ 20 %), la distancia mínima requerida es de 0,60 m; para una SB buena o regular (6% ≤ CBR < 20%), se exige 0,80 m; en el caso de una SB insuficiente (3% ≤ CBR < 6%), la separación debe ser de 1.00 m; y para una SB no adecuada (CBR <3%), la altura mínima se incrementa a 1,20 m. Cuando el nivel freático se encuentra demasiado próximo a la rasante proyectada, es indispensable implementar sistemas de subdrenaje, mantos filtrantes, capas drenantes o elementos desecadores que permitan controlar la humedad y prevenir el deterioro del terreno. Si dichas soluciones hidráulicas no son viables o no resultan suficientes, se procederá al relleno y conformación del terreno hasta alcanzar la elevación necesaria, asegurando así que el subrasante cumpla con las condiciones exigidas para la colocación de las capas superiores del pavimento (*Manuales MTC Peru Al 2014 | PDF*, s. f.).

1.3.8 Capa de Subbase

El material de base se caracteriza por ser principalmente grueso y granular, compuesto por elementos triturados y arena, lo que le confiere resistencia contra la erosión. Esta capa está diseñada para contener partículas resistentes que aseguran sus propiedades, rellenándose con partículas más finas para lograr una compactación efectiva.

Este tipo de material es particularmente adecuado para vías con superficie sin pavimentar (Cuya, R., & Paco, J., 2021).

1.3.9 Capa de Base

Ubicada inmediatamente por debajo de la capa de rodadura y, en caso de estar presente, sobre la subbase, esta capa cumple la función de brindar refuerzo estructural extra a la capa de circulación. Generalmente se construye con materiales seleccionados que permitan un drenaje adecuado, evitando la acumulación de humedad que pueda debilitar la estructura. Para su ejecución, se prioriza el uso de agregados granulares de granulometría controlada, con baja plasticidad y alta capacidad de compactación, de manera que se garantiza tanto la resistencia a las cargas vehiculares como la evacuación eficiente del agua hacia los sistemas de drenaje dispuestos en la vía. Además, el correcto espesor, compactación y calidad de esta capa inciden de manera directa en la vida útil del pavimento y en la reducción de deformaciones a lo largo de su vida útil. (*MANUAL DE CARRETERAS MTC - Peru (Actual) Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos | PDF*, s. f.)

1.3.10 Capa de Afirmado

Se compone de un nivel comprimido de compuesto granular o tratado, con una gradación determinada, que recibe de forma directa las cargas y esfuerzos generados por el tránsito.

Para la conformación de capas de afirmado, ya sea que se utilicen agentes estabilizadores o no, se emplearán materiales granulares obtenidos de diversas fuentes. Estos podrán provenir de excedentes generados en procesos de excavación, de yacimientos naturales o de subproductos industriales como las escorias metálicas. Asimismo, los agregados podrán ser producidos mediante la trituración mecánica de rocas o gravas, garantizando que su granulometría cumpla de acuerdo con los criterios definidos

en las normas técnicas vigentes. En muchos casos, se recurrirá a mezclas controladas de materiales de diferentes procedencias con el fin de optimizar su resistencia mecánica, capacidad de compactación, permeabilidad y durabilidad frente a la acción climática y cargas dinámicas. Antes de su incorporación a la obra, será imprescindible verificar mediante ensayos de laboratorio que dichos materiales cumplan con los requisitos normativos de gradación, plasticidad, resistencia y limpieza, asegurando así un desempeño adecuado en la estructura vial proyectada.

Los granos de los agregados deberán ser sólidos, firmes y de larga duración, libres de una cantidad excesiva de fragmentos planos, blandos o que puedan desprenderse, así como de materia orgánica, masas de arcilla y demás elementos nocivos. El nivel de limpieza que presenten estará en función del destino que se le asigne al material.(Normas AASHTO | Normas AASHTO en español, s. f.)

Tabla 3.

Porcentaje que pasa.

Porcentaje que pasa						
Tamiz	***A – 1***	***A – 2***	***C***	***D***	***E***	***F***
50 *mm* (2”)	100					
37.5 *mm* ($\frac{1^1}{2"}$)	100					
25 *mm* (1”)	90 - 100	100	100	100	100	100
19 *mm* ($\frac{3}{4"}$)	65 - 100	80 - 100				
9.5 *mm* ($\frac{3}{4"}$)	45 – 80	65 - 100	50 - 85	60 - 100		
4.75 *mm* (N° 4)	30 – 65	50 – 85	35 – 65	50 – 85	55 – 100	70 – 100
2.0 *mm* (N° 10)	22 – 52	33 – 67	25 – 50	40 – 70	40 – 100	55 – 100
425 *um* (N° 40)	15 – 35	20 - 45	15 - 30	25 – 45	20 - 50	30 - 70
75 *um* (N° 200)	5 - 20	5 - 20	5 - 15	5 - 20	6 - 20	8 - 25

Fuente: AASHTO M-147

Del mismo modo, deberán ajustarse a los siguientes estándares de calidad:

Tabla 4.

Criterios de calidad.

Ensayo	Criterios	Normativa
Desgaste de los Ángeles	50% máx.	MTC E 207
Límite líquido	35% máx.	MTC E 110
Índice de plasticidad	4-9% máx.	MTC E 111
CBR	40% máx.	MTC E 132

Nota: (CBR) Correspondiente al 100% de la DMS y una penetración de carga de 0,1" (2.5 mm).

1.3.11 Canteras.

De acuerdo con lo indicado por Pérez (2023) las canteras son sitios de extracción minera, usualmente a cielo abierto, dedicados a la obtención de materiales para la construcción. Estos yacimientos proporcionan una diversidad de elementos rocosos y minerales fundamentales para la construcción y proyectos de infraestructura civil.

Entre los recursos más extraídos destacan:

- ✓ *Agregados:* Componentes granulares como arena, grava y piedra triturada, utilizados enfocados en la fabricación de concreto y mortero.
- ✓ *Pétreos:* Rocas naturales que incluyen mármol, granito, caliza, travertino y pizarra.

Aunque de menor envergadura que otras operaciones mineras, las canteras desempeñan un papel crucial en la industria constructiva. Su relevancia radica en ser fuentes de materias primas naturales que impulsan proyectos de construcción a escala mundial.(*Manuales MTC Peru Al 2014 | PDF*, s. f.)

1.3.12 Diseño Geométrico de Carreteras.

El diseño geométrico constituye un elemento primordial en la proyección y construcción de carreteras, ya que determina con precisión la configuración tridimensional de la vía, buscando garantizar no solo su funcionalidad y capacidad de operación, sino también la seguridad de los usuarios, el confort durante el tránsito, la coherencia estética del trazado, la viabilidad económica del proyecto y la mínima alteración posible de las condiciones naturales circundantes. Este proceso integra de manera coordinada la disposición horizontal o planta, que define la alineación en el plano; la disposición vertical o perfil longitudinal, que regula pendientes y niveles; y la disposición transversal o sección, que establece anchos, peraltes, taludes, áreas de drenaje y espesores de capas. En particular, el diseño geométrico transversal adquiere relevancia técnica en la compactación de bases granulares, ya que influye directamente en la repartición homogénea de las cargas, en la resistencia estructural del pavimento, en la optimización del drenaje superficial y en la prevención de acumulación de humedad que pueda afectar las propiedades mecánicas del material. Una sección transversal correctamente dimensionada y ejecutada permite maximizar la densidad alcanzada en las capas de afirmado, optimizar el comportamiento ante esfuerzos repetitivos generados por el tránsito, reducir la incidencia de deformaciones plásticas, fisuras o asentamientos diferenciales, y prolongar la vida útil de la infraestructura vial, contribuyendo así a un desempeño confiable y económicamente eficiente en el tiempo (Mamani Pacohuanaco, 2022).

1.3.13 Estudio de Suelos.

El análisis de terrenos representa un proceso fundamental en la ingeniería civil, destinado a examinar y valorar de manera detallada las propiedades físicas, mecánicas y químicas del terreno, con el objeto de generar información confiable que facilite la correcta planificación de la estructura del pavimento, incluyendo la configuración de la

capa base granular. Este proceso abarca tanto ensayos de campo como pruebas de laboratorio, mediante los cuales se determinan parámetros críticos como la granulometría, que describe la clasificación de los tamaños de partículas y los límites de consistencia de Atterberg, que permiten conocer la plasticidad y comportamiento del suelo frente a variaciones de humedad; el índice CBR, que mide su capacidad de soporte; y la compactación, que evalúa la relación óptima entre humedad y densidad para garantizar su estabilidad. Cuando se incorpora la utilización de agua de mar (AM) en las labores de compactación, el estudio del suelo (ES) debe ampliar su alcance para analizar de qué manera la salinidad y los compuestos minerales presentes en esta influyen en la cohesión, fricción interna, permeabilidad y comportamiento volumétrico del material granular, así como en su interacción con las capas adyacentes del pavimento. Esta consideración técnica es vital para anticipar posibles cambios en la durabilidad, resistencia y desempeño estructural de la vía, permitiendo establecer recomendaciones específicas sobre procedimientos constructivos, control de calidad y medidas preventivas que aseguren de forma garantizada la funcionalidad y vida útil de la infraestructura vial (*Manuales MTC Peru Al 2014 | PDF*, s. f.).

1.3.14 Equipos para Investigación de suelos.

La investigación de suelos requiere una variedad de equipos especializados para la extracción, análisis y caracterización de muestras. Estos incluyen barrenos manuales para la extracción de muestras a poca profundidad, excavadoras para realizar calicatas, equipos de percusión y lavado para sondeos más profundos, aparatos geofísicos para estudios no invasivos del subsuelo, y diversas herramientas manuales para la manipulación y preparación de muestras.

En el estudio de la compactación con agua de mar, estos equipos serían fundamentales para analizar las características del terreno previamente y después de la compactación (Kady, A., El-Rawy, M., & Hassan, M., 2020)

1.3.15 Seguridad Vial en Construcción.

La SV en obras se relaciona con las acciones y consideraciones implementadas para asegurar la protección de los empleados y usuarios durante la ejecución de obras viales. Esto incluye la gestión del tráfico vehicular, la implementación de desvíos e iluminación nocturna, Planes de contingencia para accidentes y emergencias, y la regulación de velocidades en zonas de trabajo. Al introducir nuevas técnicas como el uso de agua de mar para la compactación, es crucial evaluar y adaptar los protocolos de seguridad para abordar cualquier riesgo específico asociado con esta práctica, (Khaidir & Arsyad, 2024).

1.3.16 Estudio de tráfico.

El Estudio de Tráfico (ET) representa una fase esencial en la planificación y diseño de proyectos viales, ya que permite recopilar, procesar y analizar datos precisos sobre la cantidad, tipología y comportamiento del flujo automotor que transita por una vía específica. Este procedimiento no solo cuantifica el volumen de tránsito, sino que también distingue las variaciones horarias, diarias y estacionales, lo que resulta indispensable para proyectar una infraestructura que responda a las demandas reales de uso. Un elemento técnico relevante dentro de este análisis es el Índice Medio Diario Anual (IMDA), que se calcula como el promedio aritmético de los volúmenes diarios de tránsito registrados a lo largo de un año, ofreciendo una visión consolidada del nivel de utilización de la vía. Esta información es determinante para establecer parámetros de diseño como el espesor, capacidad portante y resistencia de cada capa del pavimento, asegurando que soporten las cargas repetitivas generadas por el tráfico. Si se contempla la aplicación

directa de AM como recurso para la compactación de materiales granulares, el ET adquiere un valor adicional, ya que permitirá evaluar si las propiedades estructurales obtenidas mediante este método son suficientes con el fin de asegurar de forma garantizada la solidez y longevidad de la carretera frente a las solicitaciones mecánicas impuestas por el tránsito proyectado, evitando deformaciones prematuras y asegurando un desempeño funcional a largo plazo(Netterberg, 2023).

1.3.17 Estudio Topográfico.

El estudio topográfico constituye un procedimiento técnico sistemático orientado a la obtención, registro y análisis de datos específicos y minusiosos sobre las condiciones físicas y morfológicas de un terreno, con el propósito de generar una representación gráfica y precisa de su superficie. Este proceso abarca la medición exacta de elevaciones, la determinación de pendientes, la delimitación de curvas de nivel y la identificación de elementos tanto naturales, como cursos de agua, formaciones rocosas y vegetación, como artificiales, tales como edificaciones, carreteras y estructuras existentes, que puedan afectar la ejecución del proyecto. En el ámbito de la edificación de vías terrestres, el estudio topográfico reviste un papel esencial, ya que suministra información indispensable para la elaboración del diseño geométrico, la proyección y estimación de volúmenes de excavación o relleno, y la definición de soluciones técnicas para el manejo de aguas superficiales mediante sistemas de drenaje.

En proyectos ejecutados en zonas costeras donde se evalúe la implementación del uso de agua de mar (AM) para procesos de compactación de bases granulares, este estudio adquiere un valor adicional, al permitir la localización precisa de áreas con condiciones físicas favorables para aplicar dicha técnica, optimizar las rutas de transporte de material y planificar el acceso seguro y eficiente a las fuentes de agua marina, todo ello asegurando

un aprovechamiento racional de los recursos y una integración armónica con las condiciones naturales del terreno (Kady et al., 2020b).

1.3.18 Análisis granulométrico.

En función con lo establecido por el MTC (2018), el objetivo primordial del Análisis Granulométrico (AG) es determinar de forma precisa la distribución de tamaños de los granos contenidos en una muestra de terreno, lo que posibilita describir su composición y comportamiento frente a diferentes solicitaciones. Este procedimiento se realiza mediante el paso controlado del material a través de un conjunto estandarizado de mallas o tamices, registrando el porcentaje acumulado que logra atravesar cada uno, hasta alcanzar el tamiz de 74 micrómetros (Nº 200), límite que define la fracción más fina del suelo evaluado. La información obtenida a partir de este ensayo es de gran importancia técnica, ya que permite identificar la proporción relativa de grava, arena, limo y arcilla en la muestra, facilitando la clasificación del material y la predicción de su desempeño en obras de ingeniería. En disciplinas como la ingeniería civil y la industria de la construcción, este análisis constituye una herramienta indispensable para el diseño y control de capas granulares en pavimentos, la selección de materiales para rellenos o cimentaciones, y la evaluación de su idoneidad frente a métodos específicos de compactación, incluyendo aquellos en los que se contempla la incorporación de agua de mar como recurso alternativo para optimizar la densificación del suelo, MTC (2018).

Tabla 5.

Número de Tamices para Análisis granulométrico.

TAMICES	***ABERTURA (mm)***

Nº 10	2.000
Nº 20	0.840
Nº 40	0.425
Nº 60	0.260
Nº 140	0.106
Nº 200	0.075

Nota: Obtenido del MTC (2018)

1.3.19 Clasificación SUCS.

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Unified Soil Classification System – USCS), generado inicialmente por Arthur Casagrande en el año 1932, constituye un método ampliamente empleado en geotecnia para clasificar los suelos según su composición y textura, el tamaño de sus partículas y su plasticidad, con el propósito de predecir su comportamiento mecánico y su idoneidad para distintas aplicaciones de ingeniería. Este método combina criterios de análisis granulométrico con la determinación de los límites de Atterberg, lo que permite establecer una clasificación precisa que distingue entre suelos gruesos (arenas y gravas) y finos (limos y arcillas), y, dentro de estos, identificar subgrupos según su gradación y características de cohesión. El USCS asigna una simbología compuesta por letras, por ejemplo, GW para gravas bien graduadas o CL para arcillas de baja plasticidad, que facilita la comunicación técnica y estandariza la interpretación de resultados entre profesionales. (*NTP 339.135 Clasificacion Aashto | PDF*, s. f.)

Su aplicación es esencial en el diseño de cimentaciones, estructuras de contención, capas de pavimentos y obras de movimiento de tierras, ya que proporciona una referencia confiable para seleccionar materiales, estimar su respuesta ante cargas y determinar los métodos más adecuados de compactación, incluso en estudios que consideren el uso de agua de mar como recurso alternativo para el tratamiento de suelos.

Dentro de la reglamentación peruana, el Método Unificado de Clasificación de Suelos se encuentra normalizado en la Norma Técnica Peruana NTP 339.134:1999, la

cual establece los procedimientos y criterios específicos que deben seguirse para clasificar los suelos de acuerdo con sus propiedades específicas de granulometría y plasticidad. Esta norma adopta los lineamientos fundamentales del USCS, adaptándolos a las condiciones y necesidades propias del país, y define con precisión los rangos, límites y simbología que permiten una identificación uniforme en proyectos de ingeniería civil y obras de infraestructura. Su aplicación asegura que los resultados obtenidos en los laboratorios y estudios de campo sean comparables y consistentes, facilitando la toma de decisiones técnicas sobre selección, uso y tratamiento de materiales. En contextos como el análisis evaluativo del uso de AM para la compactación de bases granulares, esta normativa proporciona un marco confiable para describir y clasificar los suelos involucrados, garantizando que la caracterización se realice con criterios reconocidos y oficialmente aceptados.

Esta prueba se aplica a muestras inferiores a 3 pulgadas (75 mm). Para su categorización previa, se efectúa un procedimiento de tamizado o cribado, el cual se encuentra regulado según la regulación peruana $NTP\ 339.128{:}\ 1999$.

Este método del sistema de categorización toma en cuenta los siguientes rangos de tamaño para las partículas del terreno.

Tabla 6.

Criterios de Clasificación de suelos según el tamaño de las partículas.

Tipo de Material	***Tamaño de partículas***

	Grava	75 *mm* – 4.75 *mm*
	Arena	*Arena gruesa*: 4.75 *mm* – 2.00 *mm*
		Arena media: 2.00 *mm* – 0.425 *mm*
		Arena fina: 0.425 *mm* – 0.075 *mm*
Material Fino	*Limo*	0.075 *mm* – 0.005 *mm*
	Arcilla	*Menor a* 0.005 *mm*

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

A los fragmentos superiores a 75 mm se les denomina cantos, y su identificación es relevante porque, debido a su gran tamaño, no participan activamente en la compactación ni en la cohesión del material, pero sí influyen en la estabilidad mecánica y el comportamiento estructural del conjunto. Estos rangos de tamaño de grano se asocian directamente con la apertura de las mallas estándar utilizadas en los ensayos de granulometría según la norma ASTM, que incluyen la malla de 3 pulgadas (75 mm) para separar los cantos, la malla N° 4 (4.75 mm) para diferenciar el material grueso del fino, y la malla N° 200 (0.075 mm) para identificar la fracción más fina, compuesta generalmente por limos y arcillas. La correcta determinación de estas fracciones es fundamental para evaluar la distribución granulométrica, un parámetro que condiciona la densidad, la permeabilidad, la capacidad de soporte y, en el caso del uso de agua de mar para compactación, la manera en que las sales disueltas interactúan con las partículas de distinto tamaño dentro de la mezcla granular. (Cotes, A. M., 2018)

El método de clasificación SUCS contempla dos categorías principales, las cuales son:

- ✓ Terrenos de partícula gruesa: cuando más del 50% de los granos quedan retenidos en el tamiz $N°\ 200\ (0.075\ mm)$.
- ✓ Terrenos de partícula fina: cuando más del 50% de los granos atraviesan el tamiz $N°\ 200\ (0.075\ mm)$.

Este procedimiento de categorización establece que un terreno sea identificado asignándole dos letras, donde la inicial indica el elemento predominante del material y la segunda señala, ya sea la capacidad de plasticidad o la distribución granulométrica. La letra principal señala el elemento fundamental del suelo y se utilizan símbolos de seis caracteres que representan las siglas de sus denominaciones en inglés.(Chavez et al., 2020)

Tabla 7.

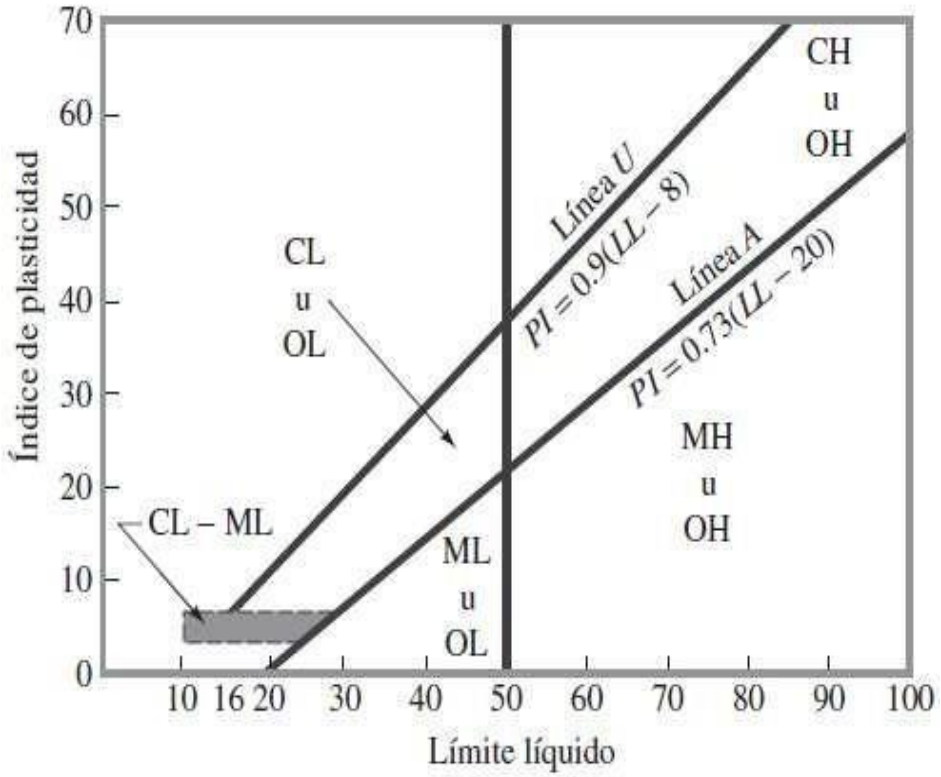
Simbología para la clasificación SUCS.

SÍMBOLO	NOMBRE EN INGLÉS	NOMBRE EN ESPAÑOL
G	*Gravel*	*Grava*
S	*Sand*	*Arena*
M	*Silt*	*Limo*
C	*Clay*	*Arcilla*
O	*Organic Soil*	*Suelos Orgánicos*
P	*Peat Soils*	*Turba*

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

Figura 3

Gráfico de plasticidad



Fuente: Braja M. Das, Fundamentos de la ingeniería geotécnica (2014)

Tabla 8.

Resumen de la clasificación de suelos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayes de laboratorio				Clasificación de suelos	
				Símbolo de grupo	Nombre del grupo
Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200	**Gravas** Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	Cu ≥ 4 y 1 ≤ Cc ≤ 3	GW	Grava bien graduada
			Cu < 4 y 1> Cc > 3	GP	Grava mal graduada
		Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP<4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
			IP>7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
		Gravas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien graduada con limo
			Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla
			Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM	Grava mal graduada con limo
			Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla
	Arenas El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	Cu > 6 y 1 ≤ Cc ≤ 3	SW	Arena bien graduada
			Cu < 6 y 1> Cc > 3	SP	Arena mal graduada
		Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP<4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
			IP>7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa
		Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien graduada con limo
			Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC	Arena bien graduada con arcilla
			Cumple los criterios para SP y SM	SP-SM	Arena mal graduada con limo
			Cumple los criterios para SP y SC	SP-SC	Arena mal graduada con arcilla
Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	Limos y arcillas Limite Liquido menor que 50	Inorgánicos	IP>7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad
			IP<4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno / limite liquido - no secado < 0.75	OL	Arcilla orgánica
					Limo orgánico
	Limos y arcillas Limite Liquido mayor que 50	Inorgánicos	IP>7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
			IP<4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno / limite liquido - no secado < 0.75	OH	Arcilla orgánica
					Limo orgánica
Suelos altamente orgánicos	Principalmente materia orgánica de color oscuro			PT	Turba

Fuente: Ing. Iván Matus y Ing. Marvín Blanco

1.3.20 Clasificación AASHTO.

Este método de categorización fue desarrollado por Hogentogler y posteriormente perfeccionado por Terzaghi en 1929, con una revisión significativa en 1945, y se utiliza de forma predominante en el diseño y control de obras viales debido a su capacidad para relacionar las características del suelo con su comportamiento estructural bajo cargas de tráfico. El procedimiento asigna una denominación alfanumérica que identifica de manera precisa la naturaleza del material, a partir de su análisis granulométrico y de sus propiedades de plasticidad. De acuerdo con este método, se clasifica como grava el material que pasa por el tamiz de 75 mm (tamiz 3") pero queda retenido en el tamiz de 2 mm (tamiz N°10); como arena, el que atraviesa el tamiz de 2 mm y se retiene en el tamiz de 0,075 mm (tamiz N°200); y como limo o arcilla, el material que supera este último tamiz. Los suelos se organizan en ocho categorías diferentes, evaluando la proporción de finos y los límites de Atterberg: los terrenos gruesos, que son aquellos que quedan retenidos en la malla N°200, corresponden a los grupos A-1, A-2 y A-3, mientras que los terrenos finos, que atraviesan dicha malla, abarcan los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Finalmente, el grupo A-8 agrupa suelos con elevado contenido de materia orgánica como turbas, compostajes u otros similares, cuya presencia puede comprometer de forma notable la resistencia de soporte y la estabilidad del pavimento. Este sistema no solo permite clasificar, sino también anticipar el desempeño del terreno ante a procesos como la compactación con agua de mar, considerando que las sales pueden interactuar de forma distinta dependiendo de la proporción de finos y de la presencia de materia orgánica.(Durón, s. f.)

Tabla 9.

Clasificación AASHTO.

Clasificación General	Material Granular							Material limo arcillosos			
Grupos	A-1		A-2				A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
Subgrupos	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					A-7-5 A-7-6
% pasante #10 #40 #200	50% máx 30% máx 15% máx	50% máx 25% máx	35% máx	35% máx	35% máx	35% máx	51% mín 10% máx	36% mín	36% mín	36% mín	36% mín
Características del material que pasa por el tamiz #40 LL Ip	6% máx	6% máx	40% máx 10% máx	41% mín 10% máx	40% máx 11% mín	41% mín 11% mín	N.P.	40% máx 10% máx	41% mín 10% máx	40% máx 11% mín	41% mín 11% mín
Ig	0	0	0	0	4 máx	4 máx	0	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx
Tipo de material	Fragmentos pétreos de gravas y arenas		Gravas y arenas, limosas y arcillosas				Arena fina	Suelos limosos		Suelos arcillosos	

Fuente: Liu, (1967).

Tabla 10.

Contraste entre categorías de terrenos según SUCS y AASHTO.

Soil Group in AASHTO System	Comparable Soil Groups in USCS		
	Most Probable	Possible	Possible but Improbable
A-1-a	GW, GP	SW, SP	GM, SM
A-1-a	SW, SP, GM, SM	GP	—
A-3	SP	—	SW, GP
A-2-4	GM, SM	GC, SC	GW, GP, SW, SP
A-2-5	GM, SM	—	GW, GP, SW, SP
A-2-6	GC, SC	GM, SM	GW, GP, SW, SP
A-2-7	GM, GC, SM, SC	—	GW, GP, SW, SP
A-4	ML, OL	CL, SM, SC	GM, GC
A-5	OH, MH, ML, OL	—	SM, GM
A-6	CL	ML, OL, CH	GC, GM, SM
A-7-5	OH, MH	ML, OL, SC	GM, SM, GC, SC
A-7-6	CH, CL	ML, OL, SC	OH, MH, GC, GM, SM

Fuente: Liu, (1967).

1.3.21 Contenido de Humedad (CH).

El grado de humedad de un suelo está expresamente definida como la proporción porcentual entre la cantidad de agua presente en una muestra y su masa correspondiente únicamente a sus sólidos, constituyendo un indicador fundamental para analizar su desempeño mecánico y su idoneidad en procesos de compactación. La determinación de este valor se realiza mediante un procedimiento estandarizado que consiste en pesar inicialmente la muestra húmeda y luego someterla a un secado controlado en un horno a una temperatura de 110 °C ± 5 °C hasta que la masa registrada permanezca de forma continua, lo cual establece que el agua ha sido completamente eliminada. La masa final, obtenida tras el secado, corresponde a la fracción sólida del material, mientras que la resta entre el peso inicial y el peso seco representa la cantidad de agua que contenía la muestra.

Este análisis es fundamental en ingeniería geotécnica, ya que la humedad influye directamente en la densidad seca alcanzable, en la capacidad de resistencia al corte y en el potencial de hinchamiento o contracción, y en la respuesta del suelo frente a técnicas de estabilización, como el uso de agua de mar, donde la presencia de sales podría modificar tanto el contenido de humedad medido como la interacción del agua con la matriz sólida.(Urrieta Milla, 2020a)

1.3.22 Límites de Atterberg.

El índice plástico (IP) se define como la resta aritmética entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP) de un suelo, y constituye un parámetro esencial para caracterizar su desempeño ante cambios de humedad. En suelos con predominio de arena, se recomienda evaluar primero el LP, dado que su capacidad de retener agua y desarrollar plasticidad es reducida, lo que podría influir en la precisión de la medición. Tanto el LL como el LP, junto con el contenido de humedad natural, permiten determinar el índice de plasticidad, el cual refleja la consistencia relativa del material y su rango de humedad dentro del cual presenta propiedades plásticas. Este índice no solo es útil para clasificar el tipo de suelo, sino también para prever su respuesta ante procesos de construcción, compactación y estabilización.

Además, el IP puede combinarse considerando la proporción de partículas inferiores a 2 μm (fracción arcillosa) para calcular el índice de actividad, indicador que revela la reactividad de la arcilla presente y su influencia en la expansión, contracción y estabilidad volumétrica del terreno, aspectos críticos en el diseño y desempeño de infraestructuras viales o estructurales (COTECNO, 2024).

1.3.23 Índice de Plasticidad (IP).

El índice plástico (IP) representa una medida cuantitativa de la potestad capacitiva de un suelo arcilloso para deformarse sin llegar a fracturarse, lo que está estrechamente

vinculado con su cantidad y clase de minerales de arcilla. Según Braja (2017), su cálculo se logra obtener restando el límite plástico (LP) al límite líquido (LL) del suelo, ambos determinados mediante ensayos normalizados. El LL indica el contenido de humedad a partir del cual el material pasa de un estado plástico a uno líquido, mientras que el LP marca el punto en el que el suelo deja de comportarse como un material moldeable y comienza a desmoronarse. Un IP elevado sugiere un rango amplio de humedad en el que el suelo mantiene propiedades plásticas, lo que puede asociarse a arcillas expansivas y mayor susceptibilidad a cambios volumétricos, mientras que un IP reducido indica menor plasticidad y, por lo general, un comportamiento más estable frente a variaciones de humedad. Esta información es esencial para la clasificación geotécnica y para anticipar problemas de compactación, estabilidad y longevidad en obras de ingeniería civil.(Ancajima, J., 2022)

Tabla 11.

Parámetros de plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
$IP > 20$	*Alta*	*Suelos muy arcillosos*
$IP \leq 20$ $IP > 7$	*Media*	*Suelos arcillosos*
$IP < 7$	*Baja*	*Suelos poco arcillosos*
$IP = 0$	*No plástico (NP)*	*Suelos exentos de arcilla*

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

1.3.24 Contenido de Sales Solubles en Suelos.

La NTP 339.152 correspondientes a Indecopi (2002) señala que altas concentraciones de sodio pueden dañar la estructura del suelo, disminuir su capacidad de drenaje y provocar erosión. Para medir la cuantificación numérica de sales que son solubles en el suelo, se utiliza una solución acuosa elaborada con una proporción suelo-agua de 1:5, considerada óptima para el análisis. El procedimiento incluye los siguientes pasos:

- ✓ Se mezcla una muestra de terreno con agua en la proporción especificada. Se extrae una solución acuosa de esta mezcla.
- ✓ Alternativamente, se puede usar una muestra de agua subterránea previamente filtrada.
- ✓ La solución acuosa o la muestra de agua de la parte subterránea se logra evaporar directa y completamente en una cápsula previamente pesada.
- ✓ Se deshidrata a una temperatura constante de 180 °C ± 2 °C.
- ✓ El cambio en el peso de la cápsula indica la cantidad total de sólidos disueltos en la muestra.

Cabe destacar que este método también es válido para diversas otras temperaturas correspondientes al secado del residuo procedente de la evaporación, tales como $103°C \pm 105°C$.

Las sales son sustancias químicas constituidas por la combinación iónica entre cationes, que poseen carga eléctrica positiva, y aniones, que presentan carga negativa, generando una estructura cristalina estable en la que las fuerzas electrostáticas mantienen unidos a estos iones. Este tipo de enlace se produce comúnmente mediante la reacción entre un ácido y una base, en la que los protones del ácido son sustituidos por cationes metálicos o por otros iones positivos. En la naturaleza, las sales se presentan en una amplia variedad de composiciones y estructuras, muchas de las cuales son solubles en

agua, lo que permite la disociación de sus iones y su participación activa en procesos químicos, biológicos y geológicos. La solubilidad de una sal depende de factores como su composición iónica, la temperatura, la presión y la presencia de otros compuestos en el medio. Ejemplos comunes comprenden el cloruro de sodio (NaCl), el sulfato de calcio ($CaSO_4$) y el nitrato de potasio (KNO_3), cada uno con propiedades y usos específicos en campos que abarcan desde la alimentación y la industria hasta la ingeniería de materiales y la construcción.(Cuya, R., & Paco, J., 2021)

Tabla 12

Tipos de iones

Tipo de Ion	Nombre	Fórmula Química
Aniones	Cloruros	Cl^-
	Sulfatos	SO_4^{2-}
	Carbonatos	CO_3^{2-}
Cationes	Sodio	Na^+
	Calcio	Ca^{2+}
	Magnesio	Mg^{2+}

FUENTE: (Cuya, R., & Paco, J., 2021)

Algunos de los compuestos salinos solubles más habituales presentes en el terreno son:

Tabla 13.

Compuestos salinos solubles más habituales

Compuesto	Nombre común / Mineral
Cloruro de Sodio	Halita
Cloruro de Potasio	Yeso
Nitrato de Sodio	Salitre
Carbonato de Calcio	Calcita

FUENTE: (Cuya, R., & Paco, J., 2021)

1.3.25 Resistencia a la Abrasión.

Corresponde a la evaluación del desgaste de conglomerados minerales con granulometrías estandarizadas, ocasionado por una combinación de procesos que abarcan

desgaste por fricción, impactos y trituración, todo ello dentro de un tambor de acero giratorio diseñado específicamente para reproducir condiciones de desgaste mecánico similares a las que experimentan los materiales en aplicaciones reales. En este procedimiento, regulado por normas técnicas como ASTM C131 o C535, dependiendo del tamaño del agregado, se introduce en el tambor una masa determinada de la muestra junto con una cantidad específica de esferas de acero, cuyo peso, número y diámetro están definidos en función de la granulometría del material. El cilindro se hace rotar a una velocidad constante durante un número preestablecido de revoluciones, lo que provoca que las partículas choquen entre sí y contra las paredes internas, a la vez que sufren desgaste por fricción contra las esferas. Al finalizar el ensayo, el material resultante se somete a un proceso de cribado para separar las fracciones desgastadas, y se calcula el porcentaje de pérdida en masa respecto al peso inicial, lo que permite cuantificar la resistencia al desgaste y la durabilidad del agregado.(Milla & Geraldine, 2020)

Tabla 14.

Distribución granulométrica de las muestras de prueba

Tamiz		**Masa de tamaño indicado, g**			
	Retenido	**Gradación**			
Que pasa	**sobre**	**A**	**B**	**C**	**D**
$37.5mm(1^1/_2")$	$25\ mm\ (1")$	1250±25			
$25\ mm\ (1")$	$19\ mm\ \left(\frac{3}{4}"\right)$	1250±25			
$19\ mm\ \left(\frac{3}{4}"\right)$	$12.5\ mm\ \left(\frac{1}{2}"\right)$	1250±10	2500±10		
$12.5\ mm\ \left(\frac{1}{2}"\right)$	$9.5\ mm\ \left(\frac{3}{8}"\right)$	1250±10	2500±10		
$9.5\ mm\ \left(\frac{3}{8}"\right)$	$6.3\ mm\ \left(\frac{1}{4}"\right)$			2500±10	
$6.3\ mm\ \left(\frac{1}{4}"\right)$	$4.75\ mm\ (N°\ 4)$			2500±10	
$4.75\ mm\ (N°\ 4)$	$2.36\ mm\ (N°\ 8)$				5000
TOTAL		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

1.3.26 Proctor Modificado.

De acuerdo al Ministerio de Obras Públicas de Chile (2008), se trata de un procedimiento destinado a establecer la relación existente entre el contenido de humedad y la densidad alcanzada por un suelo bajo condiciones controladas de compactación, con el objeto de identificar el punto óptimo que permita obtener su máxima densidad seca. El método implica comprimir el material dentro de un molde de forma cilíndrica de dimensiones normalizadas, utilizando un pisón metálico de 4,5 kg que se deja caer repetidamente desde una altura de 460 mm, generando una energía de compactación equivalente a 2,67 julios por centímetro cúbico de suelo. Este proceso se lleva a cabo en capas sucesivas, procurando una distribución homogénea de la energía aplicada para garantizar la uniformidad del material compactado. («Normas AASHTO | Normas AASHTO en español», s. f.)

Es particularmente recomendado para suelos que no presentan una curva humedad-densidad bien definida, lo que suele ocurrir en materiales granulares con bajo contenido de finos, específicamente aquellos con menos del 12% de partículas que pasan por el tamiz de 0,08 mm. Al finalizar el ensayo, se grafican los valores obtenidos para establecer la humedad óptima y la densidad seca máxima, parámetros esenciales para definir los criterios de control de compactación en obra y garantizar un adecuado comportamiento estructural del suelo en aplicaciones viales o de fundación. El método ofrece cuatro variantes:

Tabla 15.

Variantes

Molde	Diámetro (mm)	Tamiz (mm)
A	100	5
B	150	5
C	100	20
D	150	20

FUENTE: ASSTHO

1.3.27 California Bearing Ratio (CBR).

De acuerdo con Das y Sobhan (2018), el ensayo de CBR (California Bearing Ratio) constituye una prueba empírica ampliamente utilizada con el fin de analizar la resistencia de soporte relativa de un suelo frente a cargas asociadas al tránsito vehicular. Este procedimiento implica determinar la fuerza requerida para provocar la penetración un émbolo metálico de 50 mm de diámetro en una muestra de suelo previamente compactada, aplicando una velocidad constante de penetración de 1,27 mm/min hasta alcanzar una deformación máxima de 12,7 mm (equivalente a 0,5 pulgadas). El valor del índice CBR se expresa como un porcentaje que resulta de comparar la presión medida en la muestra de suelo con la presión estándar requerida para producir la misma deformación en un material patrón de alta calidad, generalmente piedra triturada. Con el objetivo de garantizar la fiabilidad de los resultados, se preparan y ensayan al menos tres probetas, todas compactadas a la humedad óptima obtenida a través del ensayo de compactación, pero con densidades secas variables, lo que permite observar el efecto de la densificación sobre la resistencia del suelo. Este índice resulta fundamental en la planificación de pavimentos, ya que sirve como parámetro base para determinar el espesor y la composición de las capas necesarias para garantizar un desempeño estructural adecuado ante las condiciones de esfuerzo previstas.(Lu et al., 2023)

Tabla 16.

Cantidad de Pozos de Sondeo para la Investigación de Suelos

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Carreteras de Segunda Clase: Carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	3calicatas x km	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	2calicatas x km	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: Carreteras con un IMDA ≤200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	1calicata x km	Las excavacion exploratorias s dispondrán de manera longitudinal y alternada

Nota. Obtenido del Manual de Carreteras, Suelos Geología, Geotecnia y Pavimento (2014).

Tabla 17.

Cantidad de Pruebas MR y CBR

Tipo de Carretera	Profundidad (m)

Carreteras de Segunda Clase: Carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	$Cada\ 1.5\ km\ se\ realizará\ un\ CBR$
Carreteras de Tercera Clase: Carreteras con un IMDA entre 400- 201veh/día, de una calzada de dos carriles.	$Cada\ 2\ km\ se\ realizará\ un\ CBR$
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: Carreteras con un IMDA ≤200 veh/día, de una calzada.	$Cada\ 3km\ se\ realizará\ un\ CBR$

Nota: Obtenido del Manual de Carreteras, Suelos Geología, Geotecnia y Pavimento (2014)

1.4 Definiciones Conceptuales

1.4.1 Agua de mar.

El agua de mar es un recurso hídrico natural de origen oceánico que se caracteriza por contener una elevada concentración de sales disueltas, principalmente cloruro de sodio, además de sulfatos, magnesio, calcio y potasio. Su salinidad promedio a nivel mundial es cercana a 35 unidades prácticas de salinidad (PSU), aunque puede variar según la ubicación geográfica y las condiciones climáticas. En ingeniería vial, el agua de mar puede considerarse como un insumo alternativo en procesos de compactación de materiales granulares en zonas costeras con limitada disponibilidad de agua dulce (Himawan, M., 2021).

1.4.2 Afirmado.

El afirmado es una capa estructural constituida por material granular natural o seleccionado, debidamente graduado y compactado, que se emplea como superficie de rodadura o como soporte para capas superiores del pavimento. Su función principal es distribuir las cargas del tránsito hacia la subrasante, mejorar la estabilidad estructural y facilitar el drenaje del sistema vial, cumpliendo con los parámetros establecidos en las

especificaciones técnicas vigentes (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2018).

1.4.3 Bases granulares.

Las bases granulares son capas estructurales del pavimento formadas por agregados pétreos triturados o naturales, con una granulometría controlada y adecuadamente compactados. Estas capas se ubican sobre la subbase o subrasante y tienen como finalidad proporcionar resistencia, rigidez y capacidad de soporte al pavimento, contribuyendo a la distribución eficiente de cargas y al incremento de la vida útil de la infraestructura vial (AASHTO, 2015).

1.4.4 CBR (California Bearing Ratio)

El California Bearing Ratio (CBR) es un índice empírico utilizado para determinar la capacidad de soporte de suelos y materiales granulares, a partir de la relación entre la resistencia a la penetración del material ensayado y la resistencia de un material patrón. Este parámetro es fundamental en el diseño estructural de pavimentos, ya que permite estimar el espesor requerido de las capas que conforman la estructura vial (ASTM D1883-21).

1.4.5 Sales solubles.

Las sales solubles son compuestos minerales presentes en suelos y aguas que tienen la capacidad de disolverse en contacto con el agua, tales como cloruros, sulfatos y carbonatos. En el ámbito de la ingeniería civil, estas sales pueden influir en las propiedades físico-mecánicas de los materiales, afectando procesos como la compactación, la resistencia y la durabilidad de las capas granulares, especialmente cuando se emplean recursos hídricos con contenido salino (Hattamleh, O., Al-Busoul, M., & Al-Tarawneh, K., 2020).

1.5 Operacionalización de Variables

1.5.1 Variable Independiente:

Agua de mar (AM)

Definición conceptual: El agua de mar es un recurso hídrico proveniente de los océanos y mares, constituido por una solución de sales minerales y compuestos orgánicos disueltos. Su componente principal es el cloruro de sodio (NaCl), acompañado de calcio, magnesio y potasio. En ingeniería civil se utiliza como alternativa al agua dulce en la compactación de suelos y bases granulares, sobre todo en zonas costeras con escasez de recursos hídricos (Himawan, M., 2021).

Definición operativa: Se empleará agua de mar recolectada en la costa de Lambayeque, cuya salinidad será determinada en laboratorio. Se aplicará durante la preparación y compactación del afirmado, evaluando su efecto sobre las propiedades físicas y mecánicas del material.

1.5.2 Variable Dependiente:

Base granular

Definición conceptual: Son las características que determinan la resistencia, estabilidad y capacidad portante del afirmado en las capas de soporte de un pavimento. Incluyen la densidad seca máxima, el contenido óptimo de humedad y la capacidad de soporte medida mediante CBR. Estas propiedades permiten evaluar el desempeño del afirmado frente a cargas y condiciones ambientales (Mamani Pacohuanaco, 2022).

Definición operativa: Se medirá la respuesta del afirmado al usar agua de mar frente a agua dulce, evaluando los cambios en compactación y resistencia, considerando resultados de laboratorio y campo para determinar la idoneidad del material como base granular.

Tabla 18

Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD	INSTRUMENTO
Independiente Agua de mar	Solución compleja de minerales y sales orgánicas, principalmente compuesta por cloro y sodio, con una salinidad promedio de 35 PSU en los océanos (Desenvolupament Sostenibel, 2024).	Uso de agua marina en la formación de bases granulares para material de afirmado.	**Contenido de Sales Sulfatos y Cloruros**	Agua de mar playa San José Agua de mar playa Pimentel	%	Balanza para medir la cantidad de agua óptima.
Dependiente Base granular	Se trata de un elemento de capa comprimida de material granular o tratado, con una gradación particular que resiste de forma directa las cargas y esfuerzos del tráfico.	Se recogerán las muestras del material de afirmado de las canteras Tres Tomas, Pátapo La Victoria y San Nicolás, para su respectiva evaluación. Posteriormente a ello, las muestras serán tratadas para ser sometidas a pruebas de mecánica de suelos con el objetivo de analizar sus características físico-mecánicas.	**Propiedades físicas y mecánicas**	**-Límites de Consistencia:** . Límite Líquido . Límite Plástico . Indice de Plasticidad **-Granulometría:** **-Contenido de Sales:** **-Sulfatos y Cloruros** **-Proctor modificado** . Máxima Densidad Seca . Contenido Optimo de Humedad **-CBR** **-Resistencia a la abrasión** -	% % % Pulgadas ppm gr/cm3 % 95% y al 100%MDS %	Límites de Atterberg NTP 339.129 (ASTM D4318) Análisis Granulométrico NTP 339.128 (ASTM D422) Ensayo de laboratorio físico químico del agua de mar. NTP 339.152(BS1377) Ensayo de proctor modificado NTP 339.141(ASTM D1557) Ensayo de CBR de suelos compactados en laboratorio NTP 339.145(ASTM D1883) Ensayo de resistencia a la abrasión NTP 400.019

Fuente: Elaboración Propia

1.6 Hipótesis.

La incorporación de agua de mar en el proceso de conformación del afirmado y de sus componentes influye positivamente en las propiedades físicas y mecánicas de las bases granulares, mejorando su desempeño estructural en zonas costeras caracterizadas por una limitada disponibilidad de recursos hídricos.

II. Métodos y Materiales

2.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, como indica Ríos (2019), esta es una investigación concreta y se orienta a la utilización de saberes para solucionar un problema específico, fundamentándose en la investigación fundamental, por lo que se estableció la influencia del agua de mar en los componentes del afirmado utilizado en la constitución tangible de bases granulares.

2.2 Método de investigación

El método de investigación empleado en el presente estudio es de carácter científico y sistemático, orientado a la obtención de resultados verificables mediante procedimientos técnicos y experimentales. Este método permitió analizar de manera objetiva la influencia del uso de agua de mar en el comportamiento físico y mecánico del afirmado utilizado para la conformación de bases granulares en zonas costeras con limitada disponibilidad de recursos hídricos.

El proceso metodológico se desarrolló a partir de la observación directa, la experimentación controlada y la medición cuantitativa de variables, aplicando ensayos normalizados de laboratorio. A través de este enfoque, se evaluaron parámetros como límites de consistencia, contenido óptimo de humedad, máxima densidad seca y capacidad de soporte (CBR), comparando los resultados obtenidos con agua de mar frente a aquellos generados con agua dulce.

Asimismo, el método permitió establecer relaciones de causa–efecto entre la variable independiente (agua de mar) y la variable dependiente (propiedades físicas y mecánicas del afirmado), garantizando la validez de los resultados mediante procedimientos repetibles y técnicamente sustentados. De este modo, la investigación aporta evidencia técnica confiable para el análisis del uso del agua de mar como alternativa en la ingeniería vial costera.

2.3 Diseño de contrastación

El diseño de contrastación adoptado en la investigación es de tipo experimental comparativo, ya que se estableció un esquema de comparación directa entre dos condiciones controladas: el uso de agua de mar y el uso de agua dulce en la preparación y compactación del afirmado.

Para la contrastación de la hipótesis planteada, se elaboraron muestras de afirmado sometidas a ensayos de laboratorio bajo condiciones similares, variando únicamente el tipo de agua empleada. Esta estrategia permitió aislar el efecto del agua de mar y evaluar su incidencia específica sobre los indicadores físicos y mecánicos del material granular.

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante la comparación de valores representativos, lo que permitió determinar diferencias significativas en el comportamiento del afirmado, particularmente en la capacidad portante y en los parámetros de compactación. Este diseño de contrastación facilitó la validación empírica de la hipótesis de investigación, sustentando técnicamente la influencia del agua de mar en la conformación de bases granulares en zonas costeras de bajo recurso hídrico.(Puerta, s. f.,2021)

2.4 Población y Muestra

Para obtener una muestra representativa, se seleccionarán estratégicamente varios puntos de muestreo:

2.4.1 Material afirmado:

Se seleccionó la Cantera Tres Tomas, Cantera Patapo La Victoria y Cantera San Nicolás, que provee material para bases granulares en la costa de Lambayeque.

Cantera Tres Tomas

a. Ubicación y Acceso:

La Cantera Tres Tomas se localiza estratégicamente en el distrito de Mesones Muro, dentro de la provincia de Ferreñafe, en el departamento de Lambayeque, Perú, constituyéndose como un recurso relevante de insumos granulares para la región. Su ubicación geográfica se encuentra a una distancia aproximada de entre 18 y 20 kilómetros de la ciudad de Ferreñafe, y a cerca de 18 kilómetros en dirección sureste de Túcume, lo que le otorga una posición favorable para el abastecimiento de proyectos en diferentes localidades cercanas. La cantera está emplazada directamente sobre el trayecto del río Loco, ubicado en Ferreñafe, lo que facilita la extracción de agregados por la presencia natural de material sedimentario depositado por el arrastre fluvial. El acceso a la cantera partiendo desde la urbe de Chiclayo se efectúa inicialmente mediante una vía asfaltada en buen estado que conduce hasta las inmediaciones del Canal Taymi; a partir de ese punto, el recorrido continúa por un tramo de aproximadamente 3 a 4 kilómetros de vía no pavimentada en condiciones regulares, lo que requiere precaución en el tránsito, especialmente en épocas de lluvias. Esta localización y condiciones de acceso hacen que la Cantera Tres Tomás sea una alternativa logística viable para el suministro de agregados destinados a obras viales, urbanas y de infraestructura en general, siempre que se considere una adecuada planificación del transporte y manejo del material extraído.

El ingreso directo a la cantera desde Chiclayo se realiza por una vía asfaltada en buen estado hasta el Canal Taymi, en Mesones Muro, y desde allí se continúa por un tramo de 3 a 4 km en estado regular hasta llegar a la cantera. Este tramo final puede ser recorrido a pie o en vehículos de carga como volquetes, que transportan los materiales extraídos.

Figura 4

Ubicación de la Cantera tres Tomas



FUENTE: Google Earth.

b. Información de Cantera

La cantera cuenta con un volumen estimado de aproximadamente 9.6 millones de metros cúbicos de sedimento aluvial, y su explotación se realiza con maquinaria pesada como excavadoras y cargadores frontales. Los materiales extraídos son esenciales para la edificación de viviendas, conservación de vías y resguardo de márgenes fluviales en la región de Lambayeque, abasteciendo principalmente a Chiclayo, Lambayeque, Illimo y Túcume.

c. Material de Trabajo

1. Los insumos extraídos incluyen una mezcla de cantos rodados y clastos con tamaños que varían desde grava fina hasta piedras de hasta 1 pulgada y más, adecuadas para diferentes usos en construcción.

2. La piedra cascote es especialmente valorada para combatir el salitre y incrementar la capacidad de carga de los terrenos, como sucede en Chiclayo es baja (0.5 a 0.7 kg/cm²).

3. La extracción se realiza mediante maquinaria pesada, como excavadoras y cargadores frontales, que remueven el material para luego transportarlo en volquetes hacia la chancadora ubicada en la misma cantera.

4. El proceso de tamizado separa los diferentes tamaños de áridos (arena gruesa, grava, gravilla) para su uso específico, mientras que la chancadora primaria con zarandadora vibradora procesa el cascote para su aplicación en construcción.

c.1 Importancia y usos:

- ✓ Los materiales de la cantera son fundamentales para la consolidación de terrenos y la construcción de infraestructuras viales y urbanas en Lambayeque, abasteciendo principalmente a Chiclayo, Ferreñafe, Illimo y Túcume.
- ✓ La cantera ha sido clave en proyectos como el mejoramiento de la carretera Morrope-La Colorada y obras de defensa ribereña.
- ✓ Aspectos geológicos:
- ✓ El material proviene de depósitos aluviales formados por el río Loco de Ferreñafe, con características sedimentarias que incluyen gravas bien graduadas y limos, clasificados como GW-GM según el sistema SUCS.
- ✓ Estudios geológicos recientes han identificado la cantera como un yacimiento de rocas sedimentarias con propiedades adecuadas para la construcción, con DM de 2.20 g/cm³ y un índice de abrasión cercano al 19.6%.

Cantera Patapo La Victoria

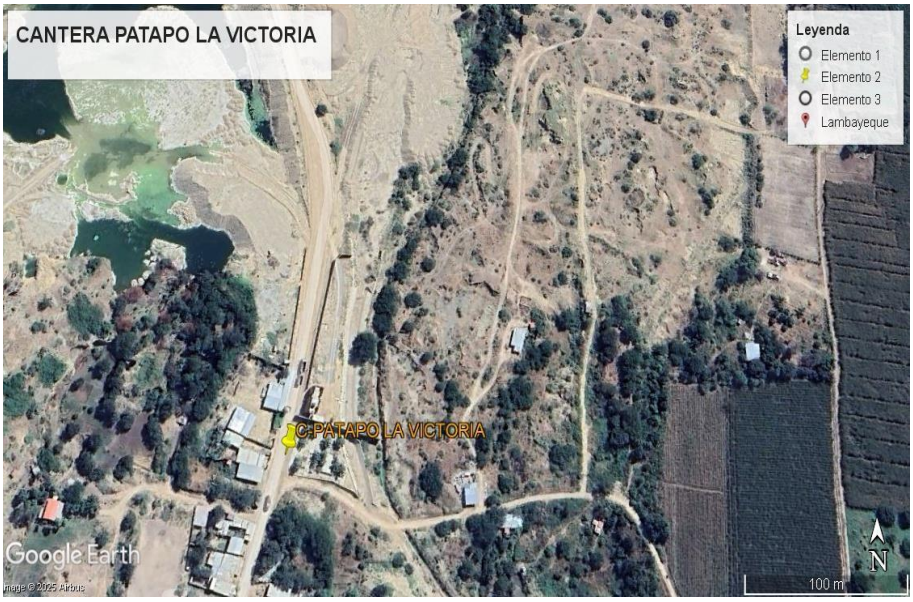
a. Ubicación y Acceso:

La cantera Pátapo La Victoria se encuentra situada en el área zonal conocida como La Pampa o Pampa de Burros, dentro del distrito de Pátapo, en la provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, Perú. Esta cantera constituye una fuente de materiales granulares con un potencial significativo para abastecer proyectos de infraestructura en la región, gracias a su localización relativamente cercana a centros urbanos. Se encuentra aproximadamente a 29 kilómetros de la ciudad de Chiclayo, siguiendo la ruta en dirección a Pátapo. El acceso a la zona de explotación combina tramos de distinta condición: inicialmente, 1,12 km de vía asfaltada hasta llegar al Canal Taymi, seguidos por un trayecto de 3,62 kilómetros de trocha carrozable en estado regular que requiere precaución en la circulación, y finalmente 2,22 km adicionales también en vía de condición regular hasta llegar directamente al área de extracción. Esta configuración de acceso implica que, si bien la cantera es accesible durante todo el año, las operaciones de transporte deben considerar posibles restricciones o demoras durante temporadas de lluvias o en periodos de alta demanda. Su ubicación y características hacen de la Cantera Pátapo La Victoria una alternativa estratégica para la provisión de materiales destinados a capas de afirmado, subbase y base en proyectos viales, siempre que se establezcan medidas logísticas y de control de calidad adecuadas para asegurar la eficiencia en el suministro.

El acceso principal a la cantera se realiza desde Chiclayo hacia Pátapo por carretera asfaltada hasta el Canal Taymi, luego continúa por caminos de trocha carrozable en estado regular hasta la cantera. El tramo final requiere vehículos adecuados para caminos irregulares. La vía permite el transporte de materiales mediante volquetes y maquinaria pesada.(Urrieta Milla, 2020)

Figura 5

Ubicación de la Cantera Pátapo La Victoria



FUENTE: Google Earth.

b. Información de la Cantera:

La cantera ha sido históricamente vinculada a obras de concreto en Chiclayo, Pimentel, Reque y Lambayeque, siendo un recurso fundamental para la infraestructura regional, contando con las siguientes características:

- ✓ Área: Aproximadamente 1.04 hectáreas.
- ✓ Volumen estimado: Cerca de 11,942 m³ de material aprovechable.
- ✓ Materiales extraídos: Agregados para construcción como arena fina, grava, piedra para concreto, base y subbase granular, y material de relleno.
- ✓ Origen geológico: Material aluvial y rocoso proveniente de depósitos sedimentarios, con propiedades adecuadas para uso en obras civiles y pavimentación siguiendo el Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras del MTC $(EM - 2016)$.

c. Material de Trabajo

La cantera Patapo la Victoria constituye una fuente relevante de agregados para la construcción civil en la región. Sus materiales presentan las siguientes características principales:

- ✓ *Tipos de materiales extraídos:* Piedra de tipo base, piedra tipo azul y arena fina, grava, piedra para concreto, base y subbase granular, y material de relleno. Estos agregados son aptos para uso en pavimentos, concreto y afirmados en vías no pavimentadas.
- ✓ *Origen geológico:* Los materiales provienen de depósitos aluviales y sedimentarios en el lecho del río Loco La Victoria, afluente del río Chancay, con presencia de depósitos eólicos y fluviales que aportan arena, grava y piedra.
- ✓ *Propiedades físico-mecánicas:* Cumplen con normas técnicas para materiales de construcción, incluyendo límites máximos para desgaste (Índice de $Los\ Ángeles \leq 50\%$), $LL \leq 35\%$, IP que varía entre 4 y 9%, y CBR alrededor de 40%, adecuados para afirmados y bases de bajo tránsito. La densidad y granulometría permiten su uso eficiente en mezclas asfálticas y concretos, con buena resistencia y durabilidad.
- ✓ *Volumen y extensión:* La cantera tiene una potencia estimada de aproximadamente 11,942 m³ de material aprovechable, con concesiones que abarcan varias hectáreas, de las cuales una parte está autorizada para explotación activa.
- ✓ *Procesos de explotación:* Se emplea maquinaria pesada como excavadoras (capacidad de cuchara 1.62 m³), cargadores frontales CAT 950H y volquetes con capacidad de 15 m³ para extracción y transporte. La explotación es a cielo abierto, con sondeos previos para asegurar la calidad del material.
- ✓ *Usos:* Los elementos se emplean en la edificación de casas, obras viales, pavimentos y proyectos urbanos en Chiclayo, Pimentel, Reque y Lambayeque, siendo un recurso estratégico para la infraestructura regional.

Cantera San Nicolas

a. Ubicación y Acceso:

La Cantera San Nicolás se localiza estratégicamente en la carretera a Zaña, a tan solo cinco minutos del distrito de Zaña, en la provincia de Lambayeque, constituyéndose en un

punto de abastecimiento de materiales con buena conectividad hacia los principales centros de consumo. Su proximidad a Zaña y su distancia aproximada de una hora y veinte minutos desde la ciudad de Chiclayo le otorgan una ventaja competitiva en términos de tiempos de traslado y costos logísticos. El acceso principal se realiza a través de la vía Panamericana Norte, lo que garantiza un recorrido seguro y continuo hasta Zaña; desde allí, se toma la vía que conduce directamente a San Nicolás, con tramos en condiciones favorables para la circulación de unidades vehiculares de elevado tonelaje.

Estas condiciones facilitan el transporte de materiales pétreos y agregados granulares extraídos, asegurando un flujo eficiente hacia obras viales, de edificación o infraestructura en general. La calidad del acceso y la cercanía a rutas principales permiten optimizar la cadena de suministro, reducir riesgos por interrupciones de transporte y mantener una regularidad en la entrega, factores esenciales para proyectos que demandan grandes volúmenes de material en plazos ajustados.

Figura 6

Ubicación de la Cantera San Nicolás



b. Información de Cantera

En cuanto a sus características materiales, la cantera ha proporcionado alrededor de 270,000 m³ de arena gruesa, con una producción mensual de piedra triturada de aproximadamente 500 m³ proveniente de la chancadora San Nicolás. Además, existe un volumen municipal de 150,000 m³ en una cantera cercana a 3 km de Ucupe. Las muestras de material presentan color amarillento, textura áspera y forma adecuada para afirmados y mezclas de construcción. Los materiales cumplen con ensayos técnicos como contenido de humedad y Proctor modificado, garantizando su estabilidad para uso en pavimentos y obras civiles.

c. Material de Trabajo

Las propiedades del elemento extraído en la cantera son las siguientes:

- ✓ *Tipo de Material Extraído:* Arena gruesa de color amarillento, con textura áspera y forma angular, ideal para afirmados y mezclas de concreto. Piedra triturada obtenida mediante chancado, con producción mensual aproximada de 500 m³. Ripio, piedra base y agregados finos y gruesos para bases y subbases en pavimentos clasificados granulométricamente para diferentes usos constructivos.
- ✓ *Origen geológico:* Los materiales provienen de depósitos aluviales y sedimentarios asociados al cauce del río Zaña, con presencia de arenas, gravas y piedras formadas por procesos naturales de erosión, transporte y sedimentación fluvial. Estos depósitos presentan características típicas de materiales no consolidados, adecuados para uso en obras civiles.
- ✓ *Propiedades físico-químicas:*

1. Color: Amarillento.
2. Textura: Áspera.
3. Forma: Angular, adecuada para mezclas y afirmados.

4. Ensayos realizados incluyen CH y Proctor modificado, que garantizan estabilidad y resistencia del material.
5. Cumplen con normas técnicas para agregados en construcción, con índices de abrasión y plasticidad dentro de rangos aceptables para pavimentos y concretos.

- ✓ *Volumen y extensión:* Se han extraído aproximadamente 270,000 m³ de arena gruesa. La cantera cuenta además con un volumen municipal estimado en 150,000 m³ en una zona cercana a 3 km de Ucupe. La extensión exacta de la concesión no se detalla, pero la cantera opera en un área suficiente para abastecer la demanda regional
- ✓ *Proceso de explotación:* Explotación a cielo abierto, combinando métodos manuales y mecanizados. Uso de palas y cargadores para extracción y carga del material. Clasificación mediante zarandas para separar tamaños y calidades. La piedra es procesada en la chancadora San Nicolás para obtener agregados triturados de diferentes tamaños. Se busca optimizar la producción manteniendo la calidad y minimizando impactos ambientales.

2.4.2 Agua de mar:

Se tomarán muestras de AM de la costa de Lambayeque: específicamente de: Playa San José y Playa Pimentel.

Playa San José:

a. Ubicación:

La playa de San José se encuentra ubicado en el distrito homónimo, dentro de la provincia de Lambayeque, región Lambayeque, en la costa norte del Perú, constituyendo un importante punto de referencia geográfico y socioeconómico para la zona. Sus coordenadas aproximadas son 6°46′03″ S de latitud sur y 79°58′08″ O de longitud oeste, poseyendo una

altitud media de alrededor de 8 m sobre el nivel del mar, lo cual la ubica prácticamente al ras del litoral, favoreciendo su accesibilidad y contacto directo con el océano Pacífico. Forma parte de la región natural chala, caracterizada por un relieve predominantemente plano compuesto por llanuras aluviales y depósitos costeros, condiciones que influyen en sus características edáficas y en la dinámica de interacción entre el mar y el continente. Esta ubicación, sumada a su morfología costera, propicias actividades como la pesca artesanal, el turismo y, en ciertos contextos, la obtención de recursos como agua de mar para procesos técnicos o industriales. Asimismo, el clima típico de la franja chala, templado-cálido con alta humedad atmosférica, condiciona tanto las actividades productivas como las estrategias de conservación ambiental y de gestión del territorio.

Figura 7

Ubicación de Playa San José



FUENTE: Google Earth.

Figura 8

Muestra de agua de mar de la playa de San José



FUENTE: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

b. Acceso:

El acceso a la playa, los visitantes deben tomar la Panamericana Norte en dirección oeste y luego desviarse hacia la carretera departamental 109, que conduce directamente al distrito y su zona costera. Este trayecto tiene una extensión aproximada de 40 kilómetros.

c. Clima

Presenta un clima característico del litoral norte peruano, con condiciones agradables durante la mayor parte del año. Según datos actuales, la temperatura promedio ronda los 20 a 27 °C, con máximas que pueden superar los 30 °C en los meses más cálidos, especialmente entre enero y abril, y mínimas que descienden hasta alrededor de 16 °C en los meses más frescos, como agosto.

El clima es mayormente seco y soleado, con baja probabilidad de lluvia durante el año, concentrándose las precipitaciones en marzo, aunque en cantidades moderadas (alrededor de 17.9 mm anuales).

d. Agua de Mar

d.1 *Salinidad y parámetros físico químicos:*

La salinidad superficial en la costa lambayecana fluctúa entre 34.149 y35.245 PSU, valores típicos de aguas oceánicas, aunque en zonas intermareales cercanas a desembocaduras de ríos y drenajes, como el Dren 1000 que afecta el distrito de San José, los valores de salinidad son menores debido a la influencia de agua dulce.

En cuanto a los parámetros físico-químicos, el pH del AM varió entre 7.77 y 8.30, manteniéndose dentro de rangos saludables para ecosistemas marinos. El oxígeno disuelto presentó variaciones entre 2.20 y 9.73 mg/L, con valores más bajos en zonas cercanas a descargas de aguas residuales, aunque en general se mantuvo dentro de los estándares ambientales considerados adecuados para la vida marina.

d.2 *Calidad microbiológica y contaminación:*

La playa San José, junto con Puerto Eten y Pimentel, fue declarada saludable en cuanto a la calidad microbiológica del agua tras un muestreo realizado el 13 *de enero de* 2024 por la GERESA Lambayeque. Este monitoreo evidenció que estas playas estipulan con parámetros adecuados de calidad microbiológica, cuentan con aseo de la costa, existencia de contenedores para desechos sólidos y servicios sanitarios habilitados, lo que las hace aptas para el baño y actividades recreativas.

d.3 *Metales pesados y nutrientes:*

Los estudios científicos realizados en la playa San José, Lambayeque, han identificado la presencia y bioacumulación de metales pesados en organismos marinos y sedimentos, lo que refleja la influencia de actividades antropogénicas en la zona costera.

En cuanto a los sedimentos marinos, un monitoreo realizado en junio de 2017 en la zona marino costera de Lambayeque reportó concentraciones de metales pesados dentro de los rangos normales estipulados para la región. Los niveles de cobre variaron entre <0.030 y $6.91\ \mu\frac{g}{g}$, zinc entre 19.59 y $38.4\ \mu\frac{g}{g}$, plomo entre 2.50 y $5.41\ \mu\frac{g}{g}$, y cadmio entre < 0.020 y $1.14\ \mu\frac{g}{g}$.

d.4 *Fuentes de Contaminación:*

Las fuentes predominantes de polución que inciden directamente a la playa de San José, en la región Lambayeque, provienen fundamentalmente de la descarga de efluentes provenientes de domésticos e industriales que carecen de un tratamiento adecuado, así como de vertimientos asociados a los sistemas de drenaje agrícola que desembocan directamente en el litoral. Esta combinación de aportes contaminantes introduce a la zona costera elevadas cargas orgánicas, nutrientes, residuos químicos y microorganismos patógenos que alteran el equilibrio ecológico marino-costero. Investigaciones efectuadas por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) han identificado que las desembocaduras de los drenes 3000 y 4000, ubicadas en las cercanías de Pimentel y Santa Rosa, actúan como puntos críticos de ingreso de aguas servidas y desechos sólidos y líquidos industriales hacia el mar. Estas descargas no solo generan impactos negativos sobre la calidad del agua y la salud de los ecosistemas bentónicos, sino que también inciden en la pérdida de biodiversidad, la degradación de hábitats y la disminución de la capacidad de la playa para sostener labores económicas como la “pesca tradicional” y el “turismo”. En el caso específico de San José, la influencia de estas

descargas agrava la vulnerabilidad de su entorno, requiriendo medidas integrales de control, tratamiento y monitoreo ambiental para prevenir un deterioro progresivo del área costera.

Playa Pimentel:

a. Ubicación:

La playa de Pimentel se encuentra situada en el distrito de Pimentel, perteneciente a la provincia de Chiclayo, en el departamento de Lambayeque, Perú. Geográficamente, sus coordenadas aproximadas son 6°50′12″ de latitud sur y 79°56′03″ de longitud oeste, presentando una altitud media cercana a los 9 metros sobre el nivel del mar. Esta ubicación la integra a la región costera conocida como chala, caracterizada por su proximidad al océano Pacífico, su relieve predominantemente plano y la presencia de llanuras aluviales que facilitan la extensión de playas y áreas aptas para actividades humanas y recreativas, además de influir en la dinámica de oleaje, sedimentación y erosión propia de este litoral.

Figura 9

Ubicación de la playa Pimentel



FUENTE: Google Earth

Figura 10

Muestra de agua de mar de la playa de Pimentel



FUENTE: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

b. Acceso:

El acceso a la playa de Pimentel cuenta con varias opciones. Desde la ciudad de Chiclayo aproximadamente de 11 a 15 kilómetros.

Por carretera si viaja en vehículo propio o en bus desde otras ciudades se puede acceder por la Panamericana Norte, que conecta directamente con el distrito de Pimentel.

c. Clima:

Clima templado con temperaturas máximas en verano alrededor de 28°C y mínimas cerca de los 15°C en invierno, además del impacto directo adaptativo de la corriente fría de Humboldt que modera el clima.

d. Agua de Mar

d.1 Salinidad y parámetros físico químicos:

El AM en ubicado en el área denominada costera de Lambayeque muestra salinidades típicas oceánicas, con valores de 34.885 y 35.152 PSU (unidades prácticas de salinidad), lo que es estándar para aguas marinas del pacífico peruano. El pH del agua varía entre 7.77 y

8.30, manteniéndose dentro de rangos saludables para ecosistemas marinos y cumpliendo con los estándares ambientales nacionales.

d.2 Calidad microbiológica y contaminación:

La playa de Pimentel mantiene en general una calidad microbiológica del agua excelente, con condiciones adecuadas de higiene en la franja costera y disponibilidad de servicios básicos para los visitantes, lo que la califica como segura y saludable para el baño recreativo. No obstante, investigaciones previas y reportes técnicos señalan que ciertas áreas próximas a la desembocadura de drenajes, como el Dren 3100, presentan niveles de contaminación elevados por coliformes totales y coliformes termotolerantes que exceden los límites normativos establecidos. Esta situación se debe principalmente a vertidos de aguas residuales no tratadas procedentes de sectores urbanos cercanos, lo que genera puntos puntuales de riesgo sanitario y requiere atención para prevenir impactos negativos sobre la salud de los bañistas y la conservación del ambiente costero.

d.3 Metales pesados y nutrientes:

En los sedimentos próximos a la playa de Pimentel se han identificado concentraciones de metales pesados, incluyendo cobre, zinc, plomo y cadmio, con valores que presentan variaciones según el área muestreada. Esta presencia indica claramente la incidencia de actividades humanas sobre el ambiente marino-costero, tales como descargas de aguas residuales, vertidos industriales, escorrentías urbanas y prácticas de manejo inadecuado de residuos. La acumulación de estos metales en los sedimentos no solo evidencia la contaminación por origen antrópico, sino que también representa un riesgo potencial para los organismos bentónicos, la cadena alimentaria marina y, de manera indirecta, para la salud de las comunidades que utilizan la zona para pesca, recreación o consumo de recursos marinos.

d.4 Fuentes de Contaminación:

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) ha determinado que la contaminación en las aguas de tipo marinas de la zona de Pimentel se relaciona directamente con vertidos de aguas residuales, tanto urbanas como industriales, que no reciben tratamiento apropiado antes de su descarga. Estos efluentes ingresan al mar principalmente a través de drenajes, canales y cursos fluviales que desembocan en la costa, generando alteraciones en la pureza del agua, repercutiendo en la diversidad biológica marina y aumentando los riesgos para la salud de las personas que utilizan la zona para actividades recreativas o productivas. Esta situación evidencia la necesidad de implementar sistemas de tratamiento eficientes y medidas de gestión integral de los recursos hídricos para reducir la carga contaminante en el litoral lambayecano.

Justificación De Las Muestras Representativas.

Las muestras de material de afirmado utilizadas en la presente investigación fueron obtenidas de las canteras Tres Tomas, Pátapo La Victoria y San Nicolás, las cuales constituyen fuentes habituales de abastecimiento de agregados para la ejecución de obras viales en la región Lambayeque. La selección de estas canteras se realizó considerando su uso recurrente en proyectos de infraestructura vial, así como la disponibilidad y características granulométricas del material extraído, lo que permite representar de manera adecuada los materiales empleados en la conformación de bases granulares en zonas costeras.

Por su parte, el agua de mar empleada en los ensayos de laboratorio fue recolectada en los balnearios de San José y Pimentel, ubicados en el litoral lambayecano. Estos puntos de muestreo fueron seleccionados debido a su accesibilidad, proximidad a las zonas de estudio y representatividad de las condiciones marinas características de la costa norte del Perú. La utilización de agua de mar proveniente de ambos sectores permite considerar

posibles variaciones naturales en la composición salina, fortaleciendo la validez de los resultados obtenidos.

La procedencia de las muestras, tanto del material de afirmado como del agua de mar, garantiza que el estudio se encuentre contextualizado a las condiciones reales de ejecución de obras viales en la región, permitiendo que los resultados obtenidos sean técnicamente aplicables y comparables a proyectos desarrollados en zonas costeras con limitada disponibilidad de recursos hídricos.

2.5 Técnica, Instrumentos y Materiales de Recolección de Datos

La técnica de recolección de datos empleada en la presente investigación fue la experimentación en laboratorio, mediante la ejecución de ensayos normalizados aplicados a muestras de afirmado compactadas con agua dulce y agua de mar, con el fin de evaluar sus propiedades físicas y mecánicas.

Como instrumentos, se utilizaron equipos de laboratorio de suelos debidamente calibrados, entre los que se incluyen: balanza digital, moldes y martillo Proctor, equipo para ensayos de límites de Atterberg, tamices normalizados, equipo para ensayo de densidad máxima y contenido óptimo de humedad, y equipo para la determinación del índice de soporte California Bearing Ratio (CBR).

Los materiales de recolección de datos estuvieron conformados por muestras representativas de afirmado, agua dulce, agua de mar, recipientes de almacenamiento, fichas de registro, hojas de control y formatos técnicos para el registro de resultados obtenidos durante los ensayos de laboratorio.

2.5.1. Evaluación de la influencia del agua de mar en las propiedades físicas y mecánicas de la base granular.

Esta evaluación consiste en analizar el comportamiento del material de afirmado empleado en la conformación de la base granular cuando es compactado utilizando agua de mar, comparándolo con el comportamiento obtenido al emplear agua potable. El análisis se centra en identificar variaciones en sus propiedades físicas y mecánicas, tales como densidad, resistencia y capacidad de soporte, con el propósito de determinar la viabilidad técnica del uso de agua de mar como alternativa en zonas costeras con limitada disponibilidad de recursos hídricos.

Técnica de Recolección de Datos.

La técnica empleada para la recolección de datos fue la experimentación controlada en laboratorio, complementada con la observación directa y medición instrumental. Esta técnica permitió analizar de manera objetiva la influencia del agua de mar sobre las propiedades físicas y mecánicas del material de afirmado, comparando su comportamiento frente al uso convencional de agua potable.

La aplicación de ensayos normalizados facilitó la obtención de datos cuantitativos confiables, necesarios para identificar variaciones en parámetros como granulometría, límites de consistencia, densidad seca máxima, contenido óptimo de humedad y resistencia mecánica. La información recopilada fue registrada de forma sistemática en fichas técnicas, garantizando la trazabilidad y repetibilidad de los resultados.

Instrumentos Utilizados.

Para el registro y control de la información obtenida durante el desarrollo experimental se emplearon formatos de laboratorio estandarizados, diseñados específicamente para cada tipo de ensayo. Estos instrumentos permitieron consignar datos numéricos, observaciones técnicas y condiciones de ensayo.

Asimismo, se utilizaron hojas de cálculo para el procesamiento preliminar de los resultados, fichas de control de muestras y registros fotográficos que documentaron cada etapa del procedimiento experimental, asegurando la correcta ejecución de los ensayos y la verificación visual del comportamiento del material tratado con agua de mar.

Equipos Empleados.

1. Balanzas de precisión: Utilizadas para determinar el peso exacto de las muestras de suelo y materiales granulares, asegurando mediciones confiables durante los ensayos de laboratorio.
2. Hornos de secado: Empleados para eliminar la humedad de las muestras, permitiendo la determinación del contenido de humedad conforme a las normas técnicas vigentes.
3. Tamices normalizados: Utilizados para la clasificación granulométrica de los suelos y agregados, separando las partículas según su tamaño.
4. Moldes y martillos de compactación: Empleados en la preparación de probetas para ensayos de compactación, garantizando una energía de compactación controlada y uniforme.
5. Dispositivos para ensayos de límites de Atterberg: Utilizados para determinar los límites líquido, plástico y el índice de plasticidad del suelo, permitiendo su clasificación y análisis de comportamiento.
6. Equipo Proctor estándar: Empleado para determinar la relación entre la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad del suelo.
7. Equipo para la determinación del Índice de Soporte California Bearing Ratio (CBR): Utilizado para evaluar la capacidad de soporte del suelo, fundamental en el diseño de pavimentos.

Procedimiento.

El procedimiento experimental se desarrolló de manera secuencial y controlada. En primer lugar, se realizó la selección y recolección del material de afirmado, el cual fue sometido a un proceso de secado al aire, desagregación manual y homogenización, con el objetivo de obtener una muestra representativa.

Posteriormente, el material fue dividido en dos grupos de ensayo: uno preparado con agua potable y otro con agua de mar recolectada en la zona costera de estudio. Ambas muestras fueron acondicionadas bajo las mismas condiciones de laboratorio, manteniendo constantes variables como energía de compactación, tiempo de reposo y método de mezcla, con la finalidad de aislar el efecto del tipo de agua utilizada.

A cada grupo se le aplicaron ensayos físicos y mecánicos normalizados, incluyendo análisis granulométrico, determinación de límites de consistencia, ensayo Proctor para la obtención de la densidad seca máxima y contenido óptimo de humedad, así como el ensayo CBR para evaluar la resistencia del material. Los resultados obtenidos fueron registrados cuidadosamente y posteriormente comparados, permitiendo evaluar la influencia del agua de mar en la conformación y desempeño de la base granular.

Finalmente, los datos fueron organizados y sistematizados para su análisis estadístico y discusión, estableciendo criterios técnicos que permitan determinar la viabilidad del uso de agua de mar como alternativa en la construcción de bases granulares en zonas costeras con limitada disponibilidad de recursos hídricos.

2.5.2. Análisis del efecto del agua de mar en los límites de consistencia y el contenido óptimo de humedad.

Este análisis tiene como finalidad evaluar la influencia del uso de agua de mar en las características de consistencia del material de afirmado, específicamente en el límite líquido,

límite plástico e índice de plasticidad, así como en la determinación del contenido óptimo de humedad necesario para alcanzar una adecuada compactación. La comparación de estos parámetros permite identificar posibles variaciones en la trabajabilidad y comportamiento del material cuando se emplea agua de mar frente al uso de agua potable.

Técnica de Recolección de Datos.

La técnica empleada para la recolección de datos fue de tipo experimental en laboratorio, orientada a evaluar el comportamiento físico–mecánico del material de afirmado ante el uso de distintos tipos de agua. Esta técnica consistió en la ejecución de ensayos normalizados, aplicados a muestras representativas previamente preparadas y acondicionadas.

Los ensayos se realizaron bajo condiciones controladas de laboratorio, empleando de manera independiente agua de mar y agua potable, con el propósito de analizar y comparar su influencia en los límites de consistencia (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad), así como en el contenido óptimo de humedad obtenido mediante ensayos de compactación. La aplicación sistemática de esta técnica permitió obtener resultados confiables, reproducibles y comparables.

Instrumentos Utilizados.

Los instrumentos utilizados correspondieron principalmente a formatos de registro y control, diseñados para garantizar una adecuada organización y trazabilidad de la información obtenida durante los ensayos. Entre ellos se consideraron:

- ✓ Formatos de registro de laboratorio, en los cuales se consignaron los datos primarios obtenidos en cada ensayo, tales como masas, número de golpes, contenidos de humedad y densidades.

- ✓ Hojas de control de ensayos, empleadas para verificar el cumplimiento de los procedimientos establecidos en las normas técnicas vigentes.
- ✓ Fichas técnicas, utilizadas para el ordenamiento y validación de los resultados finales.

Asimismo, se emplearon como referencia las normas técnicas nacionales e internacionales vigentes (MTC, ASTM y/o AASHTO), las cuales sirvieron de base para la correcta ejecución, interpretación y validación de los ensayos realizados.

Equipos Empleados.

1. Aparato de Casagrande: Equipo utilizado para la determinación del límite líquido del suelo, mediante la medición del número de golpes necesarios para que una ranura normalizada se cierre a lo largo de una longitud específica, permitiendo evaluar la consistencia del material en estado plástico.
2. Placa de vidrio: Superficie lisa y rígida empleada para el amasado, homogenización y moldeado del suelo durante la determinación del límite plástico, asegurando uniformidad en el procedimiento.
3. Balanza digital de precisión: Instrumento utilizado para medir con exactitud la masa de las muestras húmedas y secas, indispensable para el cálculo del contenido de humedad y otros parámetros derivados.
4. Horno de secado: Equipo empleado para la eliminación controlada de la humedad de las muestras a una temperatura constante, permitiendo la obtención del peso seco requerido para los cálculos correspondientes.
5. Molde y martillo de compactación (Próctor Modificado): Equipos utilizados para la ejecución del ensayo de compactación, mediante la aplicación de una energía de

compactación estandarizada, con el fin de determinar la máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad del material.

6. Recipientes metálicos: Utilizados para el almacenamiento temporal de las muestras durante las etapas de secado, enfriamiento y pesaje, evitando pérdidas de material o variaciones no controladas de humedad.

Procedimiento.

El procedimiento se inició con la obtención de muestras representativas del material de afirmado, las cuales fueron sometidas a un proceso de secado al aire, seguido del tamizado conforme a los requisitos establecidos en las normas técnicas aplicables. Posteriormente, las muestras fueron homogenizadas y preparadas para los ensayos correspondientes.

Las muestras preparadas se dividieron en dos grupos:

- ✓ Un grupo acondicionado con agua potable, utilizado como referencia.
- ✓ Un grupo acondicionado con agua de mar, con el fin de evaluar su efecto sobre las propiedades del material.

Para la determinación de los límites de consistencia, se realizaron los ensayos de límite líquido y límite plástico, registrándose los valores obtenidos y calculándose el índice de plasticidad para cada tipo de agua empleada.

De manera paralela, se ejecutaron los ensayos de compactación mediante el método Próctor Modificado, variando progresivamente el contenido de humedad hasta identificar el valor que permitió alcanzar la máxima densidad seca, determinándose así el contenido óptimo de humedad correspondiente.

Finalmente, los resultados obtenidos fueron organizados y sistematizados en tablas comparativas, permitiendo analizar las variaciones generadas por el uso de agua de mar en

relación con el uso de agua potable, y evaluar su influencia en la consistencia, compactación y comportamiento del material de afirmado, empleado en la conformación de la base granular.

2.5.3. Determinación de la distribución granulométrica del material de afirmado.

La determinación de la distribución granulométrica del material de afirmado resulta fundamental para evaluar su idoneidad en la conformación de bases granulares, ya que permite conocer la proporción y el tamaño de las partículas que lo componen. Una gradación adecuada favorece una mejor compactación, incrementa la estabilidad estructural y mejora el comportamiento mecánico de la base granular frente a las cargas del tránsito. En el contexto de la presente investigación, este análisis es esencial para verificar que el material utilizado cumpla con los criterios normativos vigentes y para asegurar que la influencia del uso de agua de mar se evalúe sobre un material correctamente caracterizado, garantizando así la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Técnica de Recolección de Datos.

Se empleó la técnica experimental de laboratorio, basada en la ejecución del ensayo de análisis granulométrico por tamizado, con el propósito de determinar la distribución de tamaños de partículas del material de afirmado utilizado en la conformación de la base granular. La recolección de datos se realizó bajo condiciones controladas, siguiendo los procedimientos establecidos en las normas técnicas vigentes, lo que permitió obtener resultados confiables y comparables.

Instrumentos Utilizados.

Los instrumentos empleados consistieron en hojas de registro de laboratorio, fichas de control de ensayos y formatos técnicos, donde se consignaron los pesos retenidos y

acumulados en cada tamiz, así como los porcentajes correspondientes, permitiendo la elaboración de las curvas granulométricas del material analizado.

Equipos Empleados.

1. Juego de tamices normalizados: Conjunto de tamices de diferentes aberturas utilizado para separar las partículas del material de afirmado según su tamaño.
2. Balanza digital de precisión: Equipo empleado para determinar con exactitud la masa de las fracciones retenidas en cada tamiz.
3. Agitador mecánico de tamices: Dispositivo utilizado para asegurar una vibración uniforme durante el proceso de tamizado, garantizando la correcta separación de partículas.
4. Horno de secado: Equipo destinado a eliminar la humedad presente en las muestras antes del ensayo, evitando alteraciones en los resultados.
5. Bandejas metálicas: Utilizadas para la manipulación y almacenamiento temporal de las muestras durante el ensayo.

Procedimiento.

El procedimiento inició con el secado previo de las muestras de material de afirmado en el horno, hasta alcanzar peso constante. Posteriormente, las muestras fueron pesadas y colocadas en el juego de tamices, ordenados de mayor a menor abertura, para su respectivo tamizado mediante el agitador mecánico durante un tiempo establecido.

Finalizado el proceso, se determinó el peso del material retenido en cada tamiz y se calcularon los porcentajes parciales y acumulados. Con estos datos, se elaboraron las curvas granulométricas, las cuales fueron comparadas con los rangos establecidos por la normativa vigente para materiales destinados a bases granulares. Finalmente, se evaluó la aptitud del

material de afirmado para su uso en la conformación de la base granular, considerando su gradación y uniformidad.

2.5.4. Evaluación de la resistencia de la base granular mediante el ensayo CBR.

La evaluación de la resistencia de la base granular se realiza mediante el ensayo del Índice de Soporte California (CBR), el cual permite determinar la capacidad portante del material de afirmado cuando es utilizado en la conformación de bases granulares. Este ensayo es fundamental en la ingeniería vial, ya que proporciona un indicador directo del comportamiento del material frente a cargas, permitiendo establecer su aptitud estructural para soportar el tránsito vehicular.

En el marco de la presente investigación, el ensayo CBR resulta clave para analizar la influencia del uso de agua de mar en la resistencia mecánica de la base granular, comparando los valores obtenidos con aquellos alcanzados mediante el uso de agua potable. De esta manera, se evalúa la viabilidad técnica del agua de mar como alternativa en zonas costeras con limitada disponibilidad de recursos hídricos.

Técnica de Recolección de Datos.

Se empleó la técnica experimental de laboratorio, consistente en la ejecución controlada del ensayo del Índice de Soporte California (CBR) sobre muestras de material de afirmado compactadas con agua de mar y agua potable. Esta técnica permitió obtener datos cuantitativos de resistencia, los cuales fueron registrados y comparados para evaluar la influencia del tipo de agua empleada en la capacidad portante de la base granular.

Instrumentos Utilizados.

1. Moldes CBR con collar y base, utilizados para la preparación y conformación de las probetas.
2. Pistón de penetración estandarizado, empleado para aplicar la carga sobre la muestra.

3. Anillo dinamométrico o celda de carga, destinado a medir la fuerza aplicada durante el ensayo.
4. Comparadores de carátula, utilizados para registrar la penetración del pistón con precisión.
5. Bandejas metálicas y recipientes graduados, empleados en la manipulación y dosificación del material.

Equipos Empleados.

1. Prensa de carga CBR: equipo mecánico que aplica la carga de manera gradual y controlada sobre la muestra.
2. Equipo de compactación (martillo Proctor): utilizado para compactar el material dentro del molde CBR según el grado de densificación establecido.
3. Balanza digital: empleada para determinar el peso del material con alta precisión.
4. Horno de secado: utilizado para el control del contenido de humedad de las muestras.
5. Tanque de inmersión: empleado para el remojo de las probetas, cuando el procedimiento lo requiere.

Procedimiento.

Inicialmente, el material de afirmado fue secado al aire y posteriormente tamizado para eliminar partículas de tamaño no representativo. Seguidamente, se prepararon las muestras incorporando agua de mar y agua potable, respectivamente, hasta alcanzar el contenido óptimo de humedad previamente determinado mediante el ensayo Próctor Modificado.

Las muestras fueron compactadas dentro del molde CBR en capas sucesivas, aplicando la energía de compactación correspondiente al porcentaje de densidad establecido

(95 % y 100 % de la máxima densidad seca). Una vez compactadas, las probetas fueron sometidas a un período de reposo y, de ser necesario, a inmersión en agua por un tiempo determinado, conforme a los procedimientos normativos.

Posteriormente, las muestras fueron colocadas en la prensa CBR, donde se aplicó una carga axial mediante el pistón de penetración a una velocidad constante. Durante el ensayo, se registraron los valores de carga correspondientes a distintas profundidades de penetración. Finalmente, se calcularon los valores de CBR y se realizó el análisis comparativo entre los resultados obtenidos con agua de mar y agua potable, permitiendo evaluar la influencia del uso de agua marina en la resistencia de la base granular.

2.5.5. Análisis del efecto del agua de mar en la máxima densidad seca del material.

La evaluación de la máxima densidad seca del material de afirmado es un aspecto fundamental en la conformación de bases granulares, ya que este parámetro refleja el grado de compactación que puede alcanzarse y, por tanto, la estabilidad y capacidad estructural de la vía. En el contexto de la presente investigación, analizar el efecto del uso de agua de mar en la máxima densidad seca permite determinar si este recurso no convencional influye positiva o negativamente en el proceso de compactación del material, comparándolo con el comportamiento obtenido al emplear agua potable. Este análisis resulta relevante para sustentar la viabilidad técnica del uso de agua de mar como alternativa en zonas costeras con limitada disponibilidad de recursos hídricos, asegurando que las condiciones de densificación requeridas por la normativa vial sean alcanzadas sin comprometer el desempeño de la base granular.

Técnica de Recolección de Datos.

Se aplicó la técnica experimental de laboratorio, basada en la ejecución controlada del ensayo de compactación Próctor Modificado, con el propósito de evaluar el

comportamiento del material de afirmado al ser compactado utilizando agua de mar y agua potable. Esta técnica permitió reproducir, en condiciones controladas, el proceso de compactación que se desarrolla en campo durante la conformación de bases granulares, garantizando la confiabilidad y repetibilidad de los resultados obtenidos.

Para la recolección de datos, se prepararon muestras representativas del material de afirmado, a las cuales se les incorporaron diferentes contenidos de agua de mar y agua potable, respectivamente. Cada muestra fue sometida al ensayo Próctor Modificado, registrándose de manera sistemática los valores de peso, volumen y contenido de humedad. A partir de estos datos, se calcularon las densidades secas correspondientes y se elaboraron las curvas de compactación.

La información obtenida permitió identificar la máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad para cada tipo de agua empleada, constituyéndose en datos cuantitativos fundamentales para el análisis comparativo. De esta manera, la técnica experimental utilizada facilitó evaluar de forma objetiva la influencia del uso de agua de mar en el proceso de compactación del material de afirmado, aportando evidencia técnica para determinar su viabilidad como alternativa en la conformación de bases granulares en zonas costeras con limitada disponibilidad de recursos hídricos.

Instrumentos Utilizados.

1. Molde Próctor Modificado: recipiente metálico normalizado utilizado para contener y compactar el material de afirmado durante el ensayo.
2. Martillo de compactación Próctor Modificado: instrumento metálico de masa y altura de caída estandarizadas, empleado para aplicar la energía de compactación requerida.
3. Regla metálica: utilizada para nivelar la superficie del material compactado en el molde.

4. Espátulas y cucharas metálicas: empleadas para la manipulación, mezcla y colocación del material dentro del molde.
5. Recipientes graduados: utilizados para medir y dosificar con precisión el volumen de agua de mar y agua potable.

Equipos Empleados.

1. Equipo de compactación Próctor Modificado: sistema que permite aplicar de manera uniforme la energía de compactación establecida por la normativa técnica vigente.
2. Balanza digital de precisión: utilizada para determinar el peso del material, moldes y muestras, garantizando mediciones confiables.
3. Horno de secado: equipo empleado para la determinación del contenido de humedad de las muestras mediante secado a temperatura controlada.
4. Desecador: utilizado para el enfriamiento controlado de las muestras después del secado, evitando la absorción de humedad ambiental antes del pesado.

Procedimiento.

Inicialmente, el material de afirmado fue secado al aire y acondicionado hasta obtener una muestra homogénea y representativa. Posteriormente, se procedió a dividir el material en porciones, a las cuales se les incorporó progresivamente agua de mar y agua potable en diferentes contenidos de humedad, con el objetivo de identificar el punto de máxima densificación.

Cada mezcla fue compactada dentro del molde Próctor en capas sucesivas, aplicando el número de golpes y la energía correspondiente al ensayo Próctor Modificado. Finalizada la compactación, se niveló la superficie del material y se determinó el peso total del conjunto molde–material.

A continuación, se extrajeron muestras representativas para la determinación del contenido de humedad, las cuales fueron colocadas en el horno de secado hasta alcanzar peso constante. Con los datos obtenidos, se calcularon las densidades secas correspondientes a cada contenido de humedad y se elaboraron las curvas de compactación. Finalmente, se determinó la máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad para cada tipo de agua empleada, permitiendo analizar de manera comparativa el efecto del uso de agua de mar en el proceso de compactación del material de afirmado utilizado en la conformación de bases granulares.

2.5.6. Comparación de costos de abastecimiento y transporte de agua de mar y agua potable en zonas costeras de Lambayeque.

Técnica de Recolección de Datos.

Para la comparación de costos de abastecimiento y transporte de agua de mar y agua potable, se empleó una técnica de recolección de datos de tipo documental y descriptiva, basada en la recopilación, revisión y análisis de información económica y logística relacionada con el suministro de agua para obras viales en zonas costeras. La información fue obtenida a partir de cotizaciones locales, registros de costos de transporte, tarifas de extracción, así como datos proporcionados por operadores de servicios de abastecimiento y fuentes disponibles en el entorno del proyecto. Esta técnica permitió identificar y comparar los costos unitarios asociados a cada tipo de agua, considerando su origen, distancia de transporte y medios de extracción.

Instrumentos Utilizados.

Los instrumentos empleados para la recolección y organización de la información económica fueron los siguientes:

1. **Formatos de registro de costos**, utilizados para consignar de manera ordenada los valores de extracción, transporte y abastecimiento de agua.
2. **Hojas de cálculo**, empleadas para el procesamiento, comparación y análisis de los costos unitarios por metro cúbico.
3. **Fichas técnicas de proveedores y operadores locales**, que permitieron verificar tarifas y condiciones de suministro.
4. **Normativa y documentos técnicos**, utilizados como referencia para contextualizar el análisis dentro del marco de proyectos de infraestructura vial en zonas costeras.

Equipos Empleados.

Para el desarrollo del análisis comparativo se utilizaron equipos de apoyo, tales como:

1. **Equipo de cómputo**, destinado al procesamiento y análisis de la información recopilada.
2. **Calculadora digital**, empleada para la verificación de costos unitarios y totales.
3. **Medios de comunicación (teléfono móvil)**, utilizados para la obtención directa de información y cotizaciones de proveedores locales.

Procedimiento.

El procedimiento inició con la identificación de las fuentes de abastecimiento de agua potable y agua de mar disponibles en el área de estudio, considerando su ubicación respecto al frente de obra. Posteriormente, se recopilaron los costos asociados a la extracción de agua potable desde fuentes continentales, incluyendo tarifas de captación y transporte mediante cisterna, así como los costos de obtención de agua de mar directamente desde la zona costera.

Una vez obtenidos los valores económicos, se procedió a normalizar los costos en función del volumen suministrado, expresándolos en soles por metro cúbico por día, lo que permitió una comparación directa entre ambas alternativas. Asimismo, se consideró la influencia de la distancia entre la fuente de agua y el proyecto, dado que este factor incide de manera significativa en el costo final del abastecimiento.

Finalmente, los resultados fueron organizados en cuadros comparativos y analizados de manera descriptiva, con el propósito de evaluar la viabilidad económica del uso de agua de mar frente al agua potable, resaltando las implicancias del transporte y la proximidad de la fuente en el contexto de obras viales desarrolladas en zonas costeras de la región Lambayeque.

2.6 Cálculos y Procedimientos.

2.6.1 Obtención de muestras de afirmado.

El estudio directo se localiza específicamente en la zona costera de la región Lambayeque, al noroeste del Perú. Esta área se distingue por un clima árido y seco, con escasas precipitaciones y una dependencia de sistemas de irrigación para actividades agrícolas, debido a la limitada disponibilidad del recurso hídrico.

Ubicación Geográfica en coordenadas UTM:

ZONA: 17 M

La zona costera de Lambayeque. Se encuentra delimitada desde la desembocadura del río Chancay por el norte hasta el límite con la región la libertad al sur. Para el estudio se consideraron específicamente las Playas de Pimentel y la Playa de San José.

Tabla 19

Coordenadas UTM del Proyecto

	COODENAS UTM	
	ESTE	NORTE
L01:	617261.00	9243980.00
L02:	613425.00	9251483.00

FUENTE: Elaboración propia.

Nota: Elaboración propia.

Figura 11

Límites del proyecto



FUENTE: Google Earth

Excavaciones:

Para la ejecución de las pruebas, se seleccionaron muestras de material provenientes de tres canteras específicas, las cuales se encuentran ubicadas aproximadamente en las coordenadas UTM indicadas a continuación:

Tabla 20

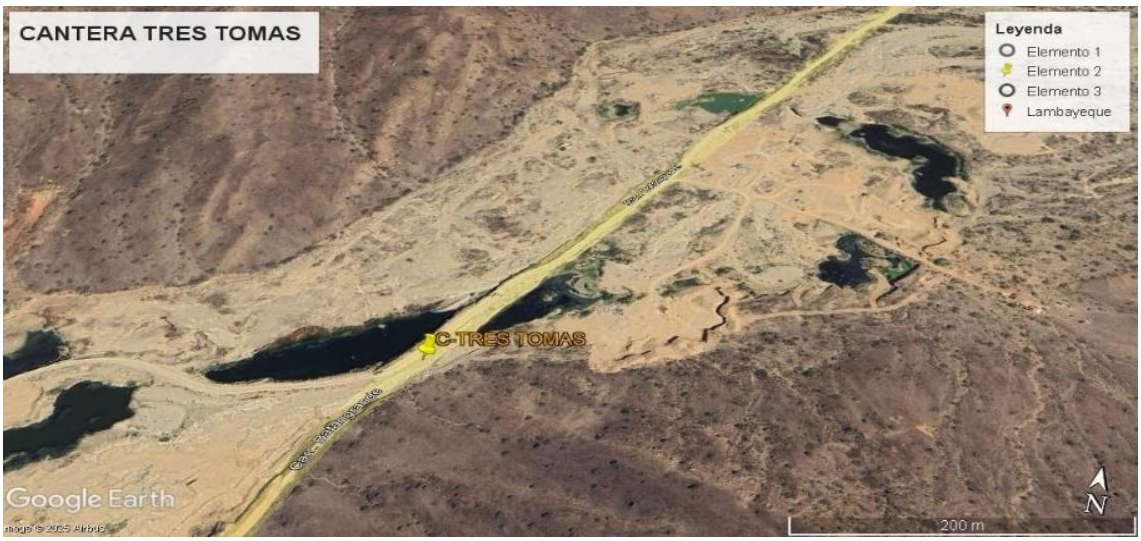
Ubicación en coordenadas UTM de las canteras

CANTERAS	UBICACIÓN	
	NORTE	ESTE
C-TRES TOMAS	9267981.00	645345.00
C-PATAPO LA VICTORIA	9257330.00	655030.00
C-SAN NICOLAS	9235368.00	652017.00

FUENTE: Elaboración propia.

Figura 12

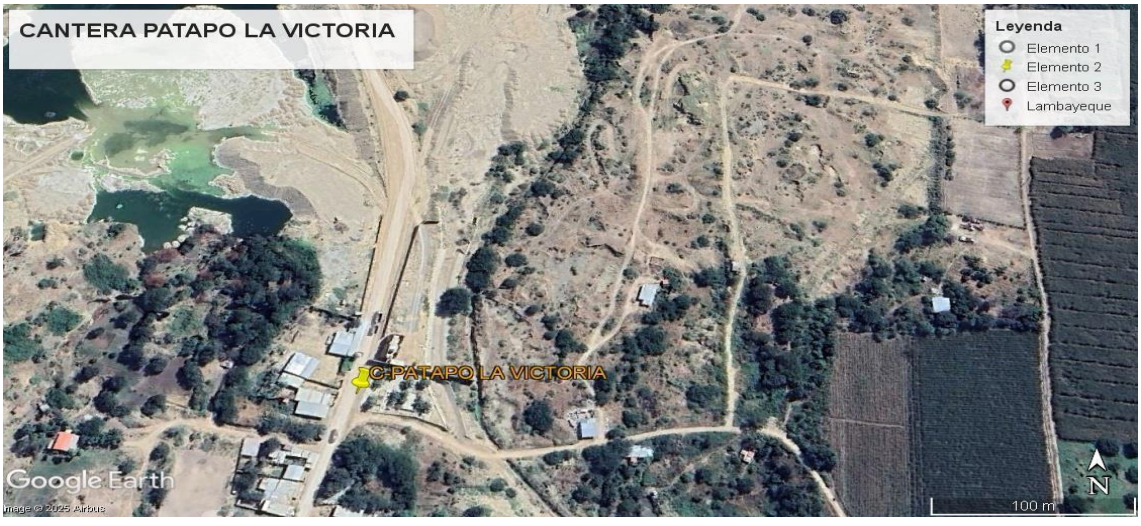
Localización de cantera Tres Tomas



FUENTE: Google Earth

Figura 13

Localización de la cantera Patapo La Victoria



FUENTE: Google Earth

Figura 14

Localización de la cantera San Nicolás



FUENTE: Google Earth

2.6.2 Ensayos de Laboratorio.

Se ejecutaron directamente diversos ensayos empleando muestras representativas recolectadas durante el proceso de extracción del material. Estos análisis permitieron analizar las características físicas, mecánicas y químicas del material, proporcionando información detallada sobre su comportamiento y aptitud para aplicaciones específicas en construcción. Los ensayos llevados a cabo incluyeron:

Ensayo de PM ($NTP\ 339.141\ -\ ASTM\ D-1577$)

1. Cantera Tres Tomas + Agua Potable (Lab. Ficsa)
2. Cantera Patapo La Victoria + Agua Potable (Lab. Ficsa)
3. Cantera San Nicolas + agua potable (Lab. Ficsa)
4. Cantera Tres Tomas + AM de la Playa de Pimentel
5. Cantera Patapo La Victoria + AM de la Playa De Pimentel

6. Cantera San Nicolás + AM de la Playa de Pimentel
7. Cantera Tres Tomas + AM de la Playa de San JOSÉ
8. Cantera Pátapo La Victoria + AM de la Playa De San José
9. Cantera San Nicolas + AM de la Playa de San José

Ensayo CBR ($NTP\ 339.145\ -\ ASTM\ D-1883$)

1. Cantera Tres Tomas + Agua Potable (Lab. Ficsa)
2. Cantera Patapo La Victoria + Agua Potable (Lab. Ficsa)
3. Cantera San Nicolas + Agua Potable (Lab. Ficsa)
4. Cantera Tres Tomas + AM de la Playa de Pimentel
5. Cantera Patapo La Victoria + AM de la Playa de Pimentel
6. Cantera San Nicolas + AM de la Playa de Pimentel.
7. Cantera Tres Tomas + AM de la Playa de San josé.
8. Cantera Patapo La Victoria + AM de la Playa de San José.
9. Cantera San Nicolas + am de la Playa de San José.

2.6.3 Cálculos y resultados de los ensayos ensayo de Proctor modificado**.**

Objetivo:

Este procedimiento de ensayo permite determinar de manera precisa la correlación del tipo porcentual entre la humedad requerida para alcanzar la densidad seca máxima de un suelo y las condiciones de compactación aplicadas. La prueba se efectúa utilizando un pistón de 44,5 N (10 lbf) que se hace caer desde una elevación de 457 mm (18 pulgadas), lo que genera una energía de consolidación controlada de 2 700 kN·m/m³ (56 000 pie·lbf/pie³). Este método proporciona información detallada sobre la potestad capacitiva de densificación del suelo bajo condiciones de energía modificada, permitiendo establecer la humedad óptima

necesaria para obtener la máxima densidad seca y evaluar la idoneidad del material para su uso en capas de base y subbase de pavimentos, asegurando así la estabilidad y resistencia específica de la obra vial.

Al comparar el comportamiento del suelo cuando se utiliza agua potable (AP) proveniente del laboratorio de suelos de la institución universitaria, con el de muestras tratadas con AM obtenida de la playa de Pimentel y de la playa de San José, se busca evaluar de manera detallada cómo la presencia de sales disueltas y otros elementos minerales presentes en el agua marina influye sobre la compactación del material granular y sus propiedades mecánicas. Este análisis permite identificar variaciones en parámetros como la densidad seca máxima, la humedad óptima y la resistencia al corte del suelo, así como posibles efectos sobre la adhesión y el rozamiento interno del material de cantera. La comparación también facilita comprender cómo las diferencias en salinidad, composición química y contenido iónico entre las distintas fuentes de agua de mar afectan la conducta del suelo durante el procedimiento de compactación, proporcionando información crítica para optimizar su uso en la formación de capas de base y subbase de pavimentos en zonas costeras con disponibilidad limitada de agua dulce.

Alcance:

Esta prueba se aplica específicamente a suelos en los cuales el porcentaje de partículas que se mantiene retenido en el tamiz de 19,0 mm (¾ de pulgada) es igual o inferior al 30 % respecto al peso total del material. Su objetivo es analizar evaluativamente la conducta de los suelos con predominio de fracciones finas y medianas, garantizando que la granulometría del terreno sea adecuada para los ensayos de compactación y medición de las características mecánicas. La selección de esta prueba para este rango de tamaño de partículas permite obtener resultados más precisos sobre la densidad máxima alcanzable, la humedad óptima y la respuesta del suelo a la aplicación de cargas, considerando cómo las

partículas más gruesas podrían interferir en la uniformidad de la compactación y en la consistencia de los datos obtenidos.

Analizar el efecto de las propiedades particulares de cada fuente de agua más correcto en la preparación y compactación de suelos. Específicamente en las zonas costeras del país.

Método utilizado:

MÉTODO C

Tabla 21

Parámetros del Método C

Parámetro	Descripción
Molde (diámetro)	152,4 mm (6 pulg)
Materiales	Material que pasa por tamiz de 19,0 mm (¾ pulg)
Número de capas	5
Golpes por capa	56

Usos: Cuando supera el 20 % del peso del material queda retenido en el tamiz de 9,5 mm (⅜ pulg) y menos del 30 % en peso se retiene en el tamiz de 19,0 mm (¾ pulg).

Referencias normativas:

Tabla 22

Referencia normativa

Norma	Descripción	Energía aplicada
NTP 339.141	Suelos. Procedimiento de prueba para la compactación del terreno en laboratorio empleando una energía modificada	2 700 kN-m/m³ / 56 000 pie-lbf/pie³
ASTM D 1557	Métodos de Ensayo Estándar para las Características de Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando Esfuerzo Modificado	$(2\ 700\ kN \cdot \frac{m}{m^3}^3$ $(56\ 000\ pie \cdot lbf/pie^3)$

FUENTE: ASSTHO.

Tabla 23

Equipos y materiales

ESTUFA	BALANZA 01
	
Controlado regulable a 110 ± 5	*Balanza, con aproximación a* 0,01 *g.*
BALANZA 02	**MOLDE 6 Pulgadas**

	
Balanza, con aproximación a 0,1 g.	Con un promedio de 152,4 ± 0,7 mm (6,0 0,026 pulgadas) de diámetro interior, u altura de 116,4 ± 0,5 mm (4,584 ± 0,0 pulgadas) y un volumen de 2124 ± 25 c (0,075 ± 0,0009 pies³).
PISÓN O MARTILLO	**TAMIZ 3/4”**
	
Se deja caer libremente desde una altura de 457,2 ± 1,6 mm (18 ± 0,05 pulgadas) sobre la superficie de la muestra.	De acuerdo con las exigencias de las especificaciones ASTM E11.

Calcule el porcentaje de humedad del terreno procesado.

1. Para la elaboración de la muestra se empleó tres tipos de aguas: agua potable del laboratorio de suelos, AM de la playa de Pimentel y AM de la playa de San José. Así se realizó con las tres canteras para fines del proyecto.

2. Utilizar cerca de 2,3 kg (5 lbm) del terreno tamizado en cada muestra que se compacte aplicando los métodos A o B; o 5,9 kg (13 lbm) cada vez que se utilice el método C.

3. En la preparación del material granular que logra cribar a través del tamiz de ¾ de pulgada (19,0 mm) para su posterior consolidación en el molde de 6 pulgadas, es necesario fragmentar o clasificar adecuadamente los áridos, de manera que las partículas más grandes se reduzcan hasta poder atravesar el tamiz de 9,5 mm (⅜ de pulgada). Este procedimiento permite que el material granular tenga una gradación de tamaños más uniforme, lo que facilita la penetración y dispersión homogénea del agua a lo largo del terreno durante el mezclado. La correcta fragmentación asegura que cada partícula participe activamente en la compactación, incrementando la densidad final del suelo y mejorando sus características mecánicas, como la fuerza de corte y la estabilidad volumétrica, elementos esenciales para el desempeño de bases granulares en proyectos de tipo viales.

Figura 15

Muestras antes de ser Tamizada



FUENTE: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

Procedimiento:

1. Se empleará una cantidad aproximada de 2,3 kg (5 lbm) del material de suelo

previamente tamizado para realizar los ensayos correspondientes a los Métodos A y B. En el caso de aplicar el Método C, se incrementará la cantidad de material hasta 5,9 kg (13 lbm) con el fin de asegurar la representatividad de la muestra y obtener resultados precisos. Durante la preparación de cada muestra, el agua se adicionará de manera gradual y controlada, permitiendo alcanzar de forma exacta el contenido de humedad específico requerido para cada método. Este procedimiento asegura que el suelo logre la humedad óptima necesaria para obtener la densidad máxima durante la compactación, favoreciendo una distribución uniforme del agua dentro del material granular y optimizando las características mecánicas y de firmeza del terreno.

2. Verificar y registrar el peso del molde o del molde junto con la base. Armar firmemente el molde, el collarín y la base para evitar fugas durante la compactación.
3. Compactar la muestra en cinco capas iguales. Previo a la compactación, disponer el terreno suelto dentro del molde y distribuirlo en una capa de grosor uniforme. Después de la compactación, cada estrato debe mantener aproximadamente un grosor constante.
4. Comprimir cada capa con 56 impactos para el molde de 152,4 mm (6 pulgadas).
5. Mantener la distribución de los golpes por toda la superficie de manera que se garantizar una compactación uniforme.
6. Al terminar la última capa, alisar o enrasar la sección superior e inferior del molde para crear una superficie nivelada en ambas partes del molde.
7. Tomar registro del peso de la muestra y del molde con precisión al gramo. Si la base permanece unida al molde, inclúyela en el pesaje y anota los datos detalladamente.
8. Para el análisis de la humedad: Se extrae 500 g cortando verticalmente en el centro

de la muestra. Establecer el porcentaje de humedad conforme al método de ensayo NTP 339.127.

9. Se realizaron nueve ensayos de Proctor modificado.
10. Los resultados y análisis serán mostrados en los Anexos del presente informe.

2.6.4 Ensayo de CBR con material de cantera tres tomas**.**

Objetivo:

La técnica utilizada para medir el índice de capacidad del suelo, denominada California Bearing Ratio (CBR), consiste en un ensayo que permite evaluar la aptitud del terreno para resistir cargas aplicadas de manera controlada. Este proceso se efectúa habitualmente sobre muestras de suelo elaboradas en laboratorio, ajustadas bajo condiciones determinadas de humedad y densidad para garantizar resultados representativos; no obstante, también puede implementarse en muestras intactas obtenidas directamente del terreno para reflejar las condiciones in situ. Durante la prueba, se cuantifica la resistencia del suelo a la penetración mediante un pistón estándar que aplica una carga progresiva, registrando los valores necesarios para calcular el CBR. Esta información resulta determinante para dimensionar correctamente el grosor y la conformación de las capas de pavimento, así como para analizar la capacidad de carga del terreno en obras de infraestructura vial y edificaciones civiles, asegurando que la superficie pueda resistir las tensiones inducidas por el tránsito vehicular y otros factores de carga previstos.

Al ejecutar tres ensayos de CBR empleando el mismo material extraído de cantera, pero variando la fuente de agua utilizada en la preparación de cada muestra —agua potable, agua de mar proveniente de la playa de Pimentel y AM de la playa de San José— se busca evaluar de manera detallada cómo cada tipo de agua afecta la capacidad portante del suelo. Este análisis permite identificar las diferencias en el comportamiento mecánico del material,

considerando factores como resistencia a la penetración, cohesión y compactación alcanzada. Al comparar los resultados obtenidos con cada fuente de agua, se puede determinar la influencia de la salinidad y de otros componentes presentes en el agua de mar sobre la densidad máxima, humedad óptima y la respuesta estructural del suelo bajo carga, generando información técnica útil para optimizar procedimientos de estabilización de bases granulares en zonas costeras y para fundamentar recomendaciones.(De la Cruz, S., Pezo, P., Noel, E., & Mendoza, C., 2022)

Figura 16

Compresión de la muestra utilizando el émbolo



FUENTE: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

Figura 17

Compactación de muestra



FUENTE: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

Referencias normativas:

- NTP 339.141 y ASTM D 1883.

Equipos:

- **Prensa y pisón de compactación:**

Durante la prueba, la distancia que recorre el cabezal respecto a la base de la prensa debe ajustarse para avanzar a una velocidad uniforme de 1,27 milímetros por minuto (equivalente a 0,05 pulgadas), lo que asegura que la carga se aplique de manera homogénea. La máquina de ensayo, junto con su sistema de registro de carga, requiere una resistencia mínima de 44,5kilonewtons (10 000 libras-fuerza) y debe ser capaz de detectar cambios en la carga iguales o inferiores a 44 newtons (10 libras-fuerza), garantizando así la exactitud en las mediciones.

En cuanto al pistón de penetración, este debe estar fabricado en material metálico resistente, con sección transversal circular, diámetro de 49,63 ± 0,13 mm (1,954 ± 0,005”), y un área de contacto de 19,35 cm² (3 pulg²), con longitud adecuada para permitir la realización completa del ensayo de penetración. Esta longitud debe ser suficiente para

soportar la aplicación de cargas adicionales conforme a los requerimientos especificados en el numeral 6.4, sin que en ningún caso sea inferior a 101,6 mm (4”), garantizando así la correcta transmisión de fuerzas y la obtención de resultados precisos sobre la capacidad portante del terreno evaluado.

Figura 18

Molde en la prensa CBR previo a la toma de lecturas con los diales laboratorio de pavimentos-FICSA-UNPRG.



NOTA: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

Figura 19

Toma de lecturas en la prensa cbr del laboratorio de Pavimentos-FICSA-UNPRG.



NOTA: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

Molde cilíndrico:

El ensayo requiere un envase tipo recipiente metálico de forma cilíndrica, con un diámetro interior de 152,4 ± 0,66 mm (6 ± 0,026") y una altura total de 177,8 ± 0,46 mm (7 ± 0,018"), diseñado para contener y compactar el material de manera uniforme. Este recipiente debe estar complementado con un anillo accesorio metálico de 50,8 mm (2,0") de altura, que permite ajustar la capacidad efectiva del molde según el tipo de ensayo y la cantidad de material a evaluar. La base del molde es una placa metálica perforada de 9,53 mm (3/8") de espesor, cuyas perforaciones no deben exceder los 1,6 mm (1/16”) y deben distribuirse de manera uniforme a lo largo de toda la circunferencia interna del recipiente, garantizando un drenaje homogéneo y evitando acumulaciones localizadas de humedad o presión. Esta base perforada debe poder colocarse de manera intercambiable en los diferentes extremos del molde, asegurando la versatilidad del equipo y la correcta ejecución directa de las pruebas de compactación y penetración sobre el material granular, cumpliendo así con

los criterios de uniformidad y precisión requeridos en pruebas de laboratorio para caracterización de suelos.

Figura 20

Molde cilindricode 6".



NOTA: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

Disco espaciador de metal:

Se empleará un disco separador metálico de contorno circular, con un diámetro exterior de 150,8 mm (5 15/16”) y un espesor de 61,37 ± 0,127 mm (2,416 ± 0,005”). Este componente está diseñado para situarse como fondo falso dentro del molde cilíndrico durante el procedimiento de compactación, permitiendo que el material granular se distribuya de manera uniforme y evitando el contacto directo con la base perforada del molde. Su utilización garantiza un control preciso de la altura efectiva de compactación, facilita la extracción del material una vez finalizado el ensayo y asegura que las propiedades de densidad y humedad alcanzadas sean representativas y consistentes para la determinación de parámetros geotécnicos como la densidad máxima seca y la humedad óptima. Además, su presencia contribuye a minimizar errores en la medición de deformaciones y a mantener la reproducibilidad de los resultados entre diferentes muestras.

Figura 21

Discos espaciadores.



NOTA: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

Aparato medidor de expansión:

1. Se utilizará una lámina placa metálica perforada para cada molde, con un diámetro de 149,2 mm (5 7/8"), en la que las perforaciones no excedan los 1,6 mm (1/16") de diámetro. Esta lámina contará con un eje central equipado con un mecanismo de tornillo que permitirá ajustar de manera precisa la altura, garantizando un control exacto sobre la distribución del material granular durante la compactación y evitando concentraciones desiguales de agua o partículas.

2. Adicionalmente, se dispondrá de un soporte tipo trípode con patas apoyadas firmemente en el borde del molde. En el centro del trípode se instalará un indicador (deformímetro) cuyo eje se encontrará alineado con el eje de la lámina perforada, lo que permitirá medir la dilatación del material con alta precisión, hasta 0,025 mm (0,001"). Este sistema asegura el registro confiable de

deformaciones durante el ensayo, facilita la comparación entre diferentes muestras y contribuye a garantizar la reproducibilidad y consistencia de los resultados en las determinaciones de densidad, humedad y compactación.

Figura 22

Trípode medidor de expansión.



NOTA: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

Pesas:

Se emplearán una o dos masas anulares metálicas con un peso total de 4,54 ± 0,02 kg, junto con masas segmentadas metálicas ranuradas, cada una con un peso de 2,27 ± 0,02 kg. Tanto las masas anulares como las segmentadas deberán tener un diámetro comprendido entre 5 7/8” y 5 15/16” (149,23 mm a 150,81 mm), garantizando compatibilidad y correcta colocación en el conjunto de compactación. Adicionalmente, la masa anular deberá incluir un hoyo localizado en la sección central de aproximadamente 2 1/8” (53,98 mm) de diámetro, el cual permite su montaje seguro sobre el eje central del equipo y asegura la transmisión uniforme de la carga durante el ensayo. Esta configuración asegura un contacto homogéneo con el material granular y contribuye a obtener mediciones precisas de densidad y comportamiento frente a la compactación.

Figura 23

Pesas del laboratorio de Pavimentos UNPRG.



NOTA: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

Diales:

Se utilizarán dos indicadores de carátula, cada uno con un desplazamiento mínimo de 25 mm (1”) y con graduaciones de lectura precisas de 0,025 mm (0,001”). Uno de estos indicadores estará provisto de un accesorio especial que permite su acoplamiento directo a la prensa, de manera que pueda registrar de forma continua y exacta la penetración del émbolo en la muestra durante la ejecución del ensayo. Este dispositivo asegura la obtención de mediciones precisas del desplazamiento, lo que es básico para determinar correctamente la resistencia y capacidad portante del suelo compactado bajo diferentes condiciones de preparación y tipos de agua utilizada.

Figura 24

Diales de prensa CBR del Laboratorio de Pavimentos FICSA-UNPRG.



NOTA: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

Otros instrumentos:

Tabla 24

Equipos y materiales

ESTUFA	**BALANZA 01**
	
Controlado y ajustable a 110 ± 5 °C.	*Balanza, con aproximación a 0,01 g.*
BALANZA 02	**TANQUE DE REPOSO**
	
Con una capacidad de 20 kg y una sensibilidad de 1	Capacidad adecuada para sumergir los moldes en agua.
PISÓN O MARTILLO	**TAMIZ N° 3/4''**
	
Se deja caer libremente desde una altura de 457,2 ± 1,6 mm (18 ± 0,05 pulg) sobre la superficie de la muestra.	De acuerdo con los requisitos establecidos en las especificaciones ASTM E11.

NOTA: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

Muestra:

Para garantizar resultados confiables, la preparación de las muestras y especímenes de compactación se debe seguir rigurosamente los lineamientos establecidos por la norma que detalla la compactación de un envase de 152,4mm (6”). No obstante, se aplicarán las siguientes consideraciones específicas:

1. Material que pasa completamente el tamiz de 19mm (3/4”)

Si la totalidad del material atraviesa este tamiz, se utilizará directamente su granulometría original para la compactación, sin realizar ajustes.

2. Material retenido en el tamiz 19 mm (3/4”)

En este caso el material retenido debe retirarse y sustituirse por una cuantificación numérica equivalente de partículas que cumplan con dos condiciones:

- Pasen el tamiz 19 mm (3/4”)
- Sean retenidas en el tamiz $N°.4\ (\approx\ 4{,}75\ mm)$.

Este material de reemplazado debe obtenerse exclusivamente de porciones de la misma muestra original, sin incorporar elementos externos.

La fuente de agua para mezclar a la muestra fue realizada con agua potable, AM de la playa de Pimentel y agua de mar de la playa de San José.

Figura 25

Preparación de la muestra incorporando las dosificaciones agua calculada.



Procedimiento:

1. La prueba de Proctor Modificado se utiliza para determinar de manera cuantitativa el contenido nivel de humedad óptimo que permite al suelo lograr su máxima densidad seca, lo cual es un parámetro básico para establecer un adecuado desempeño mecánico del terreno. En el marco del ensayo CBR, este procedimiento cobra especial relevancia, ya que el primer paso consiste en medir con precisión el contenido de humedad inicial de la muestra de suelo. A partir de este valor, se calcula la cantidad adicional de agua necesaria para ajustar la muestra al porcentaje de humedad óptimo definido por el ensayo de Proctor Modificado. Este control cuidadoso del CM es determinante, ya que influye directamente en la compactación, en la densidad alcanzada y, por ende, en la capacidad portante que se evaluará posteriormente mediante el ensayo CBR, asegurando resultados confiables y comparables entre diferentes tipos de agua utilizadas en la preparación del suelo.

2. La diferencia de CM obtenida a partir del cálculo previo se traduce directamente en la cuantificación numérica precisa de agua que debe incorporarse a la muestra de suelo seca. Esta adición se realiza siempre bajo condiciones de temperatura

ambiente controlada, con el objetivo de facilitar la homogeneidad de la mezcla y asegurar que la distribución del agua sea uniforme en todo el material granular. Un mezclado adecuado asegura que cada partícula de suelo alcance el grado de humedad necesario para lograr la compactación óptima establecida por el Proctor Modificado, lo cual es fundamental para que las propiedades mecánicas del suelo, como la densidad seca máxima y la capacidad portante, se manifiesten de manera uniforme y confiable durante el ensayo CBR.

3. La muestra de suelo acondicionada previamente se compacta distribuyéndola en cinco capas de igual espesor, con el fin de asegurar una densificación uniforme a lo largo de todo el molde. Para este procedimiento, se emplea un molde cilíndrico con un diámetro interior de aproximadamente 152,4 ± 0,7 mm (6,000 ± 0,026 pulgadas) y una altura de 116,4 ± 0,5 mm (4,584 ± 0,018 pulgadas), lo que permite un volumen total de 2 124 ± 25 cm^3 (0,075 ± 0,0009 $pies^3$), asegurando que la muestra pueda ser compactada adecuadamente sin desbordes. El procedimiento de compactación se efectúa empleando un pisón con un peso de 4,54 ± 0,01 kg (10 ± 0,02 lb-m) que se deja descender libremente desde una altura de 457,2 ± 1,6 mm (18 ± 0,05 pulgadas) sobre la superficie de cada capa de suelo. Este procedimiento garantiza que la energía de compactación aplicada sea consistente y suficiente para alcanzar la densidad máxima requerida, logrando así que la muestra adquiera una resistencia uniforme, representativa de las condiciones de campo que se evaluarán posteriormente mediante el ensayo CBR.

4. Una vez el molde está armado y la muestra compactada, procedemos a desmontarlo y luego volver a armarlo, pero esta vez con la orientación invertida. En algunos casos como es el nuestro, los moldes son sumergidos en agua para

simular condiciones específicas, aunque en ciertas variantes del ensayo la muestra no se sumerge.

5. Se coloca una plancha perforada con un vástago, así como una pesa anular de metal que en conjunto pesan un total aproximado de 4,54 ± 0,02kg y una pesa ranurada de metal con masas de 2,27 ± 0,02 kg.
6. El trípode de medición se posiciona en el borde del molde, asegurándose de que el vástago del micro comparador esté alineado para tomar la lectura.
7. Se tomar mediciones diarias utilizando el microcomparador durante un lapso de al menos 4 días.
8. Extraer una muestra de agua, escurrirla y secarla externamente.
9. Utilizando la prensa CBR, se ejerce el peso aplicado sobre el pistón de penetración y se anotan las lecturas respectivas para obtener la gráfica de presión contra penetración.
10. Al finalizar el ensayo, los datos obtenidos se representan gráficamente, estableciendo la relación entre la densidad seca alcanzada en cada muestra y el correspondiente valor del índice CBR, permitiendo visualizar de manera clara cómo la compactación influye en la capacidad portante del suelo. Este gráfico debe reflejar las variaciones observadas entre las distintas preparaciones del material, incluyendo las diferencias ocasionadas por el tipo de agua utilizada (agua potable, AM de Pimentel y agua de mar de San José). Adicionalmente, es recomendable complementar la presentación de resultados con información detallada sobre los parámetros de compactación, el contenido de humedad alcanzado, la densidad obtenida, el hinchamiento del suelo y su capacidad de absorción, ya que estos datos proporcionan un panorama integral del

comportamiento mecánico del material granular, facilitando la interpretación y contraste de los efectos de los distintos tratamientos aplicados.

11. Todos lo resultados y análisis detallado se incluirán en los anexos del presente informe.

2.6.5 Ensayo de CBR con material de cantera Pátapo la victoria.

El proceso sigue el mismo enfoque que un ensayo de CBR anterior, pero se diferencia al cambiar el material de cantera teniendo que realizar tres ensayos al igual que con el material de cantera de Tres Tomas, manteniendo las fuentes de agua: agua potable, agua de mar de la playa de Pimentel y agua de mar de la playa de San José.

1. Luego de haber realizado el ensayo de Proctor modificado y determinado tanto la máxima densidad sea como el contenido optimo de humedad, se lleva a cabo el ensayo CBR utilizando la materia extraída de la cantera Patapo la Victoria.
2. Los equipos utilizados para realizar este ensayo son los mismos que se han utilizado en el ensayo de CBR con el material de la cantera Tres Tomas.
3. La muestra preparada siguió los mismos lineamientos y normativas que en el anterior ensayo de CBR con la otra cantera, considerando las fuentes de agua iguales.
4. El procedimiento que se realizó fue siguiendo la normativa establecida como se realizó con la anterior cantera.
5. Los resultados y su respectivo análisis se presentarán en los anexos de este informe.

2.6.6 Ensayo de CBR con material de cantera San Nicolas.

El procedimiento se lleva a cabo de forma análoga a un ensayo convencional de CBR, pero se distingue al cambiar el material de cantera. Esta vez se realizó tres ensayos con el material de la cantera de San Nicolas y manteniendo las fuentes de agua: agua potable, agua de mar de la playa de Pimentel y agua de mar de la playa de San Jose. Los procedimientos que deben cumplirse para alcanzar este objetivo son los siguientes:

1. Luego de haber realizado el ensayo de proctor modificado y determinado la máxima densidad seca, así como su contenido de humedad óptimo, se procede a realizar el ensayo de CBR con el material de cantera de San Nicolas.
2. Los equipos utilizados para realizar este ensayo son los mismos que se han utilizado en el ensayo de CBR con el material de la cantera Tres Tomas.
3. La muestra preparada siguió los mismos lineamientos y normativas que en el anterior ensayo de CBR con la otra cantera, considerando las fuentes de agua iguales.
4. El procedimiento que se realizó fue siguiendo la normativa establecida como se realizó con la anterior cantera.
5. Los resultados y su respectivo análisis se presentarán en los anexos de este informe
    - ✓ AGT
    - ✓ LL
    - ✓ LP
    - ✓ CH
    - ✓ SS

2.6.7 Análisis granulométrico por tamizado.

Objetivo:

Establecer de forma numérica la dispersión de dimensiones por partículas de una capa específica del material de cantera, en nuestra investigación tomando material de tres canteras.

Finalidad y alcance:

Este procedimiento describe el método para calcular los porcentajes de suelo que pasan a través de cada tamiz de la serie utilizada en el ensayo, hasta llegar al tamiz de 74 mm (número 200). Lo cual permite clasificarlo por los sistemas (SUCS O AASHTO).

Referencia normativa:

ASTM D 422: "Método de ensayo estándar para el análisis de tamaño de partículas de suelos. West Conshohocken, PA: ASTM International".

Equipos y materiales:

Tabla 25

Equipos

BALANZA MECÁNICA	BALANZA DIGITAL	ESTUFA
		
Balanza Mecánica con precisión de 0.1g.	Balanza con precisión de 0.01 g, con capacidad de 2200 g.	Estufa con termómetro digital, 40 ºC a 250 ºC, de 80 litros.

Materiales:

- Tamices:

Los tamices empleados fueron: N° 4, 10, 20, 40, 60, 100, 200, junto con un platillo.

Figura 26

Conjunto de tamices apilados.



- Envases:

Recipientes de porcelana para almacenar muestras.

Figura 27

Platos de porcelana.



NOTA: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

Muestra:

De acuerdo con las propiedades de los materiales finos presente, el análisis por tamizado se lleva a cabo previamente haciendo un cuarteo del material con el propósito de conseguir una muestra representativa.

Figura 28

Muestras de 5Kg de suelo del material de cantera antes del lavado.



NOTA: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

Figura 29

Muestra de 5Kg de suelo lavado.



Procedimiento:

1. El método para efectuar el análisis granulométrico de suelos con partículas mayores al tamiz de 0,074 mm (Nº 200) se desarrollará mediante un tamizado en seco, habiendo lavado previamente la unidad muestral sobre el tamiz de 0,074 mm para eliminar partículas finas adheridas.

2. Inicialmente, la muestra se subdivide utilizando el método de cuarteo, asignando 115 g para suelos de textura arenosa y 65 g para suelos arcillosos o limosos, pesándolas con una precisión de 0,01 g.

3. La muestra se deposita en un recipiente adecuado, se cubre completamente con agua y se deja en remojo hasta por 24 horas para ablandar los terrones y facilitar la separación de partículas agregadas.

4. Luego, se enjuaga cuidadosamente sobre el tamiz de 0,074 mm con abundante agua, evitando frotar la muestra contra la malla para prevenir la pérdida de material retenido.

5. El material retenido se recolecta en un recipiente, se seca en horno a 110 ± 5 ºC hasta que alcance masa constante y posteriormente se pesa.

6. A continuación, la muestra se coloca en los tamices apilados en secuencia descendente de apertura y se procede al zarandeo.

7. Cada tamiz se inspecciona minuciosamente; cualquier resto de muestra retenida se retira con una brocha y se reincorpora a la fracción correspondiente.

8. Finalmente, el peso de cada fracción se determina utilizando una balanza con una precisión de 0,1 g, y posteriormente se compara la suma total de las masas de todas las fracciones con el peso inicial de la muestra. Este procedimiento

permite verificar que la diferencia entre ambos valores no supere el 1%, asegurando de manera rigurosa la exactitud del análisis y la representatividad de la distribución granulométrica del suelo, lo cual es fundamental para interpretar correctamente sus propiedades y comportamiento en aplicaciones de ingeniería civil.

Figura 30

Muestra de 5Kg de suelo puestas al horno luego del lavado.



Figura 31

Tamizado de las muestras pasadas las 24 horas en el horno.



NOTA: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

2.6.8 Ensayo de análisis de Limite Liquido

Objetivo:

Determinar el porcentaje de humedad en el que el suelo se encuentra en el punto de transición entre las condiciones líquida y plástica. Para fin del proyecto se tomarán combinaciones no solo con el agua destilada, también con agua de mar.

Finalidad:

Este procedimiento de ensayo se utiliza como un componente esencial dentro de los sistemas de clasificación de suelos en ingeniería, tales como el USCS y el AASHTO, con el propósito de reconocer, caracterizar y describir de manera precisa las fracciones de grano fino presentes en una muestra de terreno. Su aplicación permite determinar la distribución granulométrica, lo cual es indispensable para evaluar el comportamiento mecánico del suelo, su capacidad de soporte y su respuesta frente a procesos de compactación, consolidación o erosión, suministrando data fehaciente y crítica para el diseño de pavimentos y bases granulares.

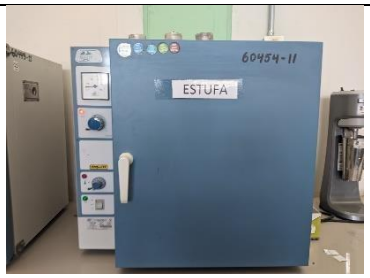
Refencias normativas:

NTP 339.129: SUELOS. Procedimiento de prueba para establecer el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad de los suelos.

Tabla 26

Equipos, materiales e insumos

VASIJA DE PORCELANA	INTRUMENTO CASA GRANDE

	
Un contenedor de porcelana con un diámetro aproximado de 115 mm (4 ½").	De manejo manual. Se trata de un dispositivo compuesto por un recipiente de bronce con sus accesorios.
CALIBRADOR	**CAPSULA**
	
Barra metálica con un grosor de 10,00 ± 0,2 mm (0,394 ± 0,008") y una longitud aproximada de 50 mm (2").	Fabricado con material anticorrosivo, cuya masa permanezca invariable tras múltiples ciclos de calentamiento y enfriamiento.
BALANZA	**ESTUFA**
	
Una balanza con sensibilidad de 0,01 *g*.	Estufa con termómetro digital, 40 °C a 250 °C, y que pueda conservar temperaturas de 110±5°C para secar la muestra.

BROCHA: Utilizada para limpiar los tamices en el proceso de tamizado	

Materiales

Espátula: poseyendo una lámina flexible de alrededor de 75 a 100 mm (3"–4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho.

Figura 32

Cuchillo en forma de espátula.



Pureza del agua: En este método de ensayo cuando se refiere al tipo de agua, se empleará agua destilada, agua de mar de la playa de Pimentel y agua de mar de la playa de San José.

Figura 33

Agua destilada.



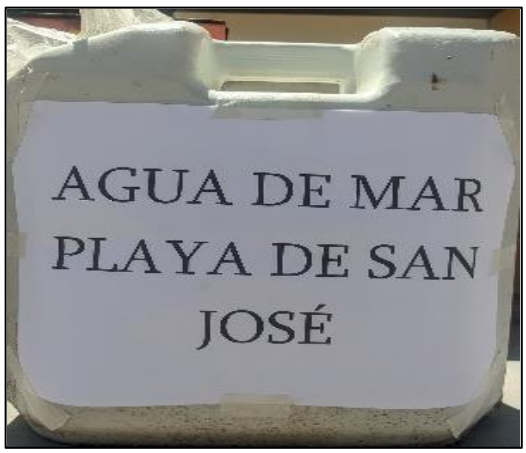
Figura 34

Agua de mar de la playa de Pimentel.



Figura 35

Agua de mar de la playa de San Jose.



Muestra

En este procedimiento, se selecciona cuidadosamente una fracción representativa de la muestra global, asegurando que la cantidad obtenida sea suficiente para contar con entre 150 g y 200 g de material que pase a través del tamiz de 425 μm (N.º 40), lo cual garantiza la representatividad del análisis. Para muestras de flujo libre, es posible reducir el volumen utilizando técnicas de cuarteo o división, de manera que se conserve la uniformidad de la fracción seleccionada. En el caso de muestras cohesivas, es necesario homogeneizar completamente el material en un recipiente, empleando una espátula o cuchara para mezclarlo de manera uniforme, asegurando que todas las partículas queden distribuidas homogéneamente. Posteriormente, se obtiene la muestra representativa final tomando dos porciones de la masa total con la cuchara, procedimiento que permite mantener la consistencia del material y asegurar que los resultados del ensayo reflejen con precisión las propiedades del suelo original.

Figura 36

Tamizado de muestra por la malla N°40



NOTA: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

Figura 37

Muestra luego de realizar los golpes con la Copa de Casa Grande.



NOTA: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

2.6.9 Ensayo de límite plastico

Objetivo:

Establecer dentro del laboratorio el umbral plástico de un terreno y el cálculo del coeficiente de I.P. cuando se dispone del L.L. del mismo terreno.

Finalidad y alcance:

Este procedimiento de prueba se utiliza como un elemento esencial dentro de los sistemas estructurados de clasificación de suelos empleados en ingeniería, tales como el SUCS y el AASHTO, con la finalidad de identificar y describir específicamente las fracciones de partículas de tipo finas presentes en la muestra. El objetivo de este ensayo es determinar cómo las partículas finas se comportan bajo distintas condiciones, evaluando su tamaño, distribución y proporción dentro del suelo. Para garantizar un análisis comparativo y completo, el ensayo se realiza utilizando tanto agua destilada como agua de mar, lo que permite observar cómo la salinidad y los minerales presentes en el AM pueden influir en la cohesión, dispersión y otras propiedades mecánicas del material fino, proporcionando

información valiosa para aplicaciones en obras civiles, especialmente en zonas costeras donde se busca optimizar la compactación y el rendimiento de las bases granulares.

Referencias normativas:

***NTP* 339.129**: SUELOS. Procedimiento de prueba para establecer el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad de los terrenos.

Tabla 27

Equipos, materiales e insumos

ESPÁTULA	**RECIPIENTE**
	
Lámina flexible, de aproximadamente 75 a 100 *mm* (3" – 4") de largo por 20 *mm* $\left(\frac{3}{4}"\right)$ de ancho.	Material de porcelana o algún análogo, con un diámetro de 115 mm (4 ½").
BALANZA	**HORNO**
	
Balanza, con precisión a 0,01 g.	Regulado y ajustable a 110 ± 5 °C.
TAMIZ N°04	**AGUA DESTILADA**
	
Tamiz, de 426 µm (N° 40).	Se puede utilizar agua destilada o agua desmineralizada.
CAPSULA	**SUPERFICIE DE RODADURA**

	
Recipientes apropiados para la determinación del contenido de humedad.	Superficie donde se realizará el enrollamiento de la muestra.
AGUA DE MAR (PLAYA DE PIMENTEL)	**AGUA DE MAR (PLAYA SAN JOSE)**
	

Preparación de muestra:

Cuando el objetivo es determinar únicamente el límite plástico (L.P.) del suelo, se procede a extraer cerca de 20 g de la porción de la muestra que haya pasado por el tamiz de 426 µm (N° 40), la cual ya debe estar acondicionada previamente para la prueba del límite líquido. Esta fracción se mezcla cuidadosamente con agua destilada hasta que se logre una consistencia que permita formar fácilmente una esfera homogénea con el material del suelo. Una vez obtenida esta esfera, se selecciona una pequeña porción de entre 1,5 y 2,0 g, que servirá como muestra representativa para realizar el ensayo del límite plástico. Este procedimiento garantiza que la muestra tenga una plasticidad adecuada y que los resultados obtenidos representen con exactitud la capacidad del suelo para deformarse sin fracturarse, lo cual es fundamental para evaluar su comportamiento mecánico en la compactación de bases granulares.

Figura 38

Muestras de las canteras.



Procedimiento:

1. Para determinar el L.P. del suelo, primero se toma una muestra representativa del material y se mezcla cuidadosamente con agua hasta conseguir una consistencia pastosa homogénea que permita manipularla sin que se desintegre.

2. A continuación, con esta mezcla se forma una pequeña bola que se coloca sobre una superficie lisa y no absorbente, como un vidrio o una placa de porcelana, asegurando que la manipulación sea uniforme y controlada. Este procedimiento permite evaluar la plasticidad del suelo, ya que la bola servirá como base para realizar los ensayos posteriores que determinarán el grado de deformación que el material puede soportar sin fracturarse, información esencial para estimar su comportamiento en compactación y en la construcción de bases granulares.

3. Procederemos a rodar la bola de suelo con las palmas de las manos hasta que la bola se rompa y se transforme en un hilo de alrededor cercano de 3 mm de diámetro.

4. Se repite este proceso varias veces, anotando la cantidad de impactos requeridos para que el hilo se rompa.

5. Se estima directamente el promedio de los números de golpes y se utiliza este valor para determinar el límite plástico según la normativa vigente.

6. Una vez determinado el L.P., el I.P. se calcula restando el L.L. del L.P., es decir:

   I.P. = L.L. - L.P.

Figura 39

Removimiento de la muestra para proceder hacer los cilindros elipsoidales.



NOTA: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

2.6.10 Ensayo de contenido de humedad

Objetivo:

El objeto de este procedimiento es establecer el CH del suelo, expresado en porcentaje, el cual se define como la proporción entre la masa de agua contenida en la muestra y la masa de sus partículas sólidas. Para ello, se pesa inicialmente una porción representativa del suelo, se somete a secado en un horno a temperatura controlada hasta que su peso se estabilice, y posteriormente se determina la pérdida de masa. Esta pérdida corresponde al agua contenida en el material, permitiendo calcular de manera precisa el porcentaje de humedad, un parámetro fundamental para conocer el estado del suelo y su comportamiento durante procesos de compactación, mezcla y construcción de bases granulares.

Finalidad:

El propósito de este proyecto es establecer la cuantificación estimada directa de agua que se debe añadir al suelo en su estado natural, con el objetivo de alcanzar una humedad óptima que posibilite obtener la máxima densidad seca.

Referencias normativas:

***ASTM D* 2216**: Método estándar de ensayo para la medición en laboratorio del porcentaje de agua (humedad) en terrenos y rocas.

Tabla 28

Equipos, materiales

ESTUFA	**BALANZA**
	
Regulado y ajustable a 110 ± 5 °C.	Balanza, con aproximación a 0,01 g.
CAPSULA	**UTENSILLOS**
	Guantes, pinzas o un soporte adecuado para manipular y mover los recipientes calientes después del secado, además de cuchillos, espátulas, cucharas, entre otros.
Hermético a fin de evitar pérdida de humedad	

Muestra:

Las muestras obtenidas del terreno se preservarán y transportarán siguiendo estrictamente lo establecido en la Norma ASTM 4220-89, que controla los procesos para el manejo de muestras de suelos correspondientes a las categorías B, C o D. Durante su almacenamiento previo a la evaluación, las muestras se mantendrán en envases herméticos y no corrosivos, asegurando que se conserven en un rango de temperatura aproximado de 3

a 30 ºC. Además, se garantizará que los envases se ubiquen en un lugar protegido de la exposición directa a la radiación solar y de otros factores ambientales que puedan alterar sus propiedades originales, con el fin de preservar la integridad y representatividad de las muestras para su análisis posterior.

Figura 40

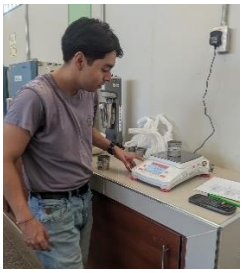
Muestras ensayo de contenido de humedad



Procedimiento:

Tabla 29

Pasos a seguir para el ensayo:

1.EXTRACCIÓN DE UNA MUESTRA SEGÚN NORMATIVA (APROXIMADAMENTE 150 g A 200 G)	
2.PESADO DE MUESTRAS	

3.MUESTRAS COLOCADAS AL HORNO DURANTE 24 HORAS	
4.PESADO DE LA MUESTRA PASADA LAS 24 HORAS PARA OBTENER SU NUEVA MASA.	

2.6.11 Ensayo de contenido de sales solubles en suelos

Objetivo:

Detallar el proceso para crear un extracto acuoso destinado a determinar la concentración de sales solubles en muestras de suelo.

Referencias normativas:

NTP 339.152: 2002. Procedimiento de ensayo estandarizado para la medición de la concentración de sales disueltas en suelos y aguas subterráneas.

Tabla 30

Equipos, materiales.

ESTUFA	**BALANZA**
	
Regulado y ajustable a 110 ± 5 °C.	Balanza, con aproximación a 0,01 g.
VASO GRADUADO (100 ml)	**PAPEL FILTRO**

	
Utilizado para medir el volumen de agua añadida a la muestra	Utilizado como tamiz para filtrar
CAPSULA	**EMBUDO**
	
Hermético a fin de evitar filtración	Utilizado para traspasar líquidos de un recipiente pequeño a otro
DEPÓSITO PARA REPOSO	**VASO GRADUADO (200 ml)**
	
Depósito con capacidad de 150 ml	

Preparación de muestra y proceso:

1. Pesar 100g de la muestra de terreno para análisis (secada al aire y pasada por el tamiz N°10).
2. Añadir 300mL de agua destilada, darle mezcla mecánica durante 1 hora y permitir que sedimente o decante durante otra hora.
3. Añadir 300mL de agua de mar, darle mezcla mecánica durante 1 hora y permitir que sedimente o decante durante otra hora.
4. Realizar la filtración de la suspensión utilizando un filtro de microfibra de material de vidrio o papel filtrante de 110 mm de diámetro en un embudo

Buchner.

5. El extracto de consistencia acuosa apropiadamente filtrado constituye la solución del ensayo de la cual se extrae un volumen mínimo 100mL de alícuota y se lleva al horno a que se evapore el agua y queden las salen.

Figura 41

Vertimiento del agua destilada y agua de mar para las muestras



NOTA: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

Figura 42

Momento de filtración del agua.



NOTA: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

2.6.12 Ensayo de abrasión los ángeles

Objetivo:

Evaluar la capacidad de resistencia a la desintegración y fragmentación de agregados gruesos con dimensiones menores a 37,5 mm (1½") utilizando la Máquina de los Ángeles, un equipo diseñado para simular el desgaste por impacto y abrasión.

Finalidad y alcance:

Este procedimiento operativo consiste en someter los agregados a un proceso de desgaste que combina simultáneamente abrasión, impacto y trituración. La magnitud del deterioro se cuantifica utilizando unidades del Sistema Internacional (SI) y los resultados obtenidos se comparan con las normas técnicas aplicables, de acuerdo con el tipo de uso previsto para el material granular.

Referencias normativas:

NTP 400.019: AGREGADOS. Procedimiento de ensayo estándar para establecer la resistencia a la degradación causada por abrasión y también impacto en agregados gruesos de dimensiones menores, utilizando la Máquina de los Ángeles.

Tabla 31

Equipos, materiales.

MÁQUINA DE LOS ÁNGELES	***BALANZA***
	
Controlado regulable a 110 ± 5 °C.	Con exactitud alm 0.1% de la carga de ensayo.
TAMICES	***CARGA***


Conforme el NTP 350.001
ESTUFA

Controlado regulable a 110 ± 5 °C.

Muestra:

La muestra debe someterse a un proceso de lavado y posteriormente secarse en horno, manteniendo una temperatura de 110 ± 5 °C, hasta que su peso permanezca estable. Una vez seca, cada fracción se separa individualmente y luego se vuelve a unificar siguiendo la distribución granulométrica que más se aproxime al rango de tamaños del agregado requerido para el trabajo. Antes de iniciar el ensayo, se debe registrar la masa total con una exactitud cercana a 1 g.

Figura 43

Muestra ensayo de abrasión de los ángeles.



NOTA: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

Procedimiento:

1. Ubicar la muestra de ensayo junto con la carga en la Máquina de Los Ángeles, y hacerla rotar a una velocidad entre 30 y 33 revoluciones por minuto durante 500 ciclos completos.
2. Descargar el material y efectuar una separación empleando el tamiz N°12.
3. Tamizar la fracción con tamaño inferior a 1,70 mm de acuerdo con el procedimiento operativo MTC E 204.
4. Lavar el material cuya dimensión supere la abertura de la malla de 1,70 mm y secarlo en horno a una temperatura de 110 ± 5 ºC.
5. Siempre que el agregado se encuentre libre de recubrimientos superficiales y partículas de polvo, se podrá prescindir del proceso de lavado, evitando así tratamientos innecesarios que no aporten beneficio al análisis.

Figura 44

Máquina de los ángeles en la UNPRG.



NOTA: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

Resultados

En este apartado se presentan de manera detallada los datos obtenidos de las pruebas aplicados al material de afirmado, realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos perteneciente a la Facultad de Ingeniería Civil, de Sistemas y Arquitectura de la UNPRG, mostrando de forma concreta los comportamientos y propiedades del material analizado.

Figura 45

Cuadro resumen – estudio de canteras

Muestra +Agua Potable Lab. Ficsa	**brasión (%)**	**Granulometría**				**Clasificación**		**Limites**		
		asa % N°4	**asa % N°10**	**asa % N°40**	**asa % N°200**	**ASHTO**	**UCS**	**.L. (%)**	**.P. (%)**	**.P. (%)**
Cantera Tres Tomas	4.60%	8.16	4.38	9.23	1.82	-2-4(0)	P-SC/SM	4.34	9.39	.95
Cantera Pátapo La Victoria	0.20%	9.48	8.85	0.29	1.03	-2-4(0)	P-SC	1.99	2.56	.43
Cantera San Nicolás	5.70%	4.24	5.75	6.19	.46	-2-4(0)	P-SC/SM	8.38	3.54	.84
Muestra +Agua Playa San José	**brasión (%)**	**Granulometría**				**Clasificación**		**Limites**		
		asa % N°4	**asa % N°10**	**asa % N°40**	**asa % N°200**	**ASHTO**	**UCS**	**.L. (%)**	**.P. (%)**	**.P. (%)**
Cantera Tres Tomas	4.60%	8.16	4.38	9.23	1.82	-2-4(0)	P-SC/SM	3.89	8.65	.24
Cantera Pátapo La Victoria	0.20%	9.48	8.85	0.29	1.03	-2-4(0)	P-SC	0.14	1.81	.33
Cantera San Nicolás	5.70%	4.24	5.75	6.19	.46	-2-4(0)	P-SC/SM	8.59	3.98	.61
Muestra +Agua		**Granulometría**				**Clasificación**		**Limites**		

Playa Pimentel	brasión (%)	asa % N°4	asa % N°10	asa % N°40	asa % N°200	ASHTO	UCS	.L. (%)	.P. (%)	.P. (%)
Cantera Tres Tomas	4.60%	8.16	4.38	9.23	1.82	-2-4(0)	P-SC/SM	3.99	8.78	.21
Cantera Pátapo La Victoria	0.20%	9.48	8.85	0.29	1.03	-2-4(0)	P-SC	0.24	1.97	.27
Cantera San Nicolás	5.70%	4.24	5.75	6.19	.46	-2-4(0)	P-SC/SM	8.54	3.87	.67

Figura 46

Cuadro resumen – sales

MUESTRA	SALES (%)	SULFATOS (ppm)	CLORUROS (ppm)	PH
Playa San José	29760	11120	13385	6.69
Playa Pimentel	29632	13210	12897.1	6.67

MUESTRA	SALES (%)	SULFATOS (ppm)	CLORUROS (ppm)	PH
Cantera Tres Tomas	345.6	132	150.5	8.04
Cantera Pátapo La Victoria	192	71	89.4	7.86
Cantera San Nicolás	104.9	30.4	55.6	8.27

NOTA: Elaboración propia con ayuda de una Camara fotográfica.

III. Resultados

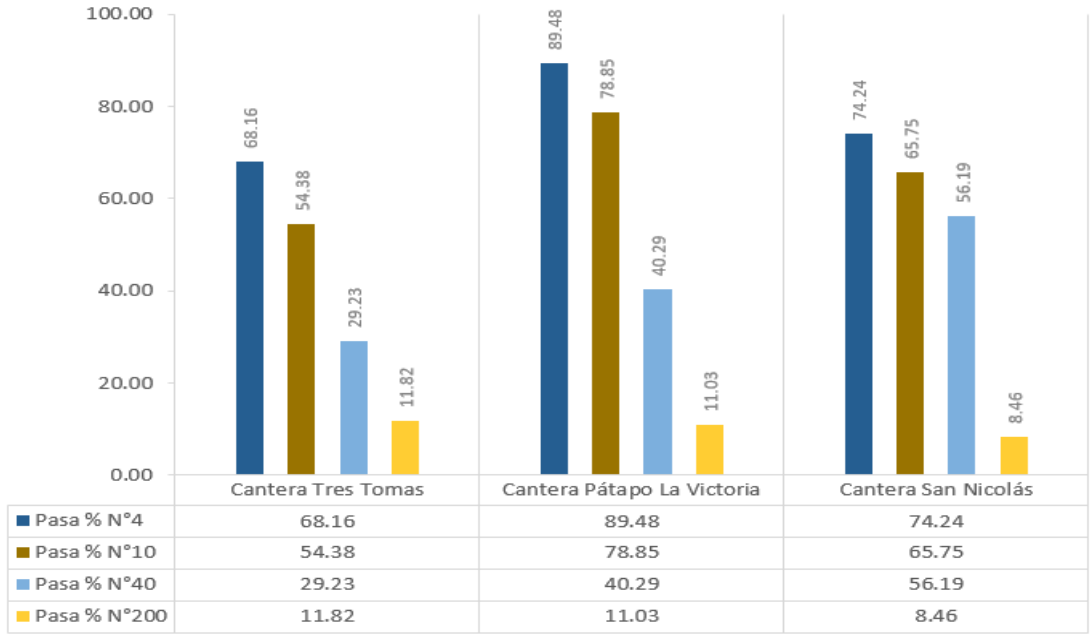
3.1. Granulometría.

Con base en la información recopilada en los análisis de granulometría y en la clasificación SUCS y AASHTO, se exponen los siguientes resultados:

- Afirmado de la Cantera Tres Tomas: SUCS (SP-SC/SM) y AASHTO (A-2-4(0)).
- Afirmado de la Cantera Pátapo La Victoria: SUCS (SP-SC) y AASHTO (A-2-4(0)).
- Afirmado de la Cantera San Nicolás: SUCS (SP-SC/SM) y AASHTO (A-2-4(0)).

Figura 47

Comparación de la Granulometría de las canteras del material afirmado.



	Cantera Tres Tomas	Cantera Pátapo La Victoria	Cantera San Nicolás
Pasa % N°4	68.16	89.48	74.24
Pasa % N°10	54.38	78.85	65.75
Pasa % N°40	29.23	40.29	56.19
Pasa % N°200	11.82	11.03	8.46

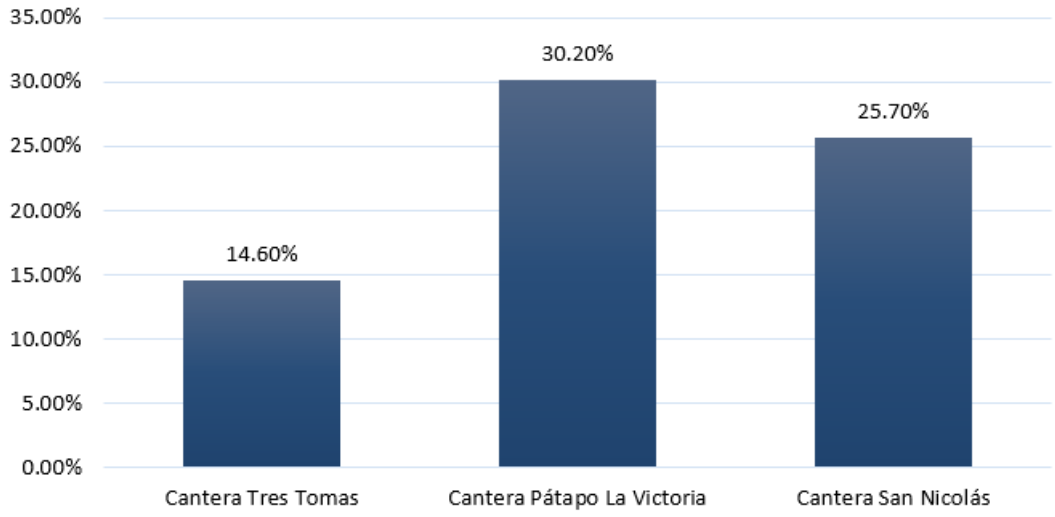
Fuente: Elaboración Propia

3.2. Resistencia a la Abrasión.

Conforme a los resultados obtenidos en las pruebas realizados, de acuerdo con los datos recopilados en las pruebas efectuadas, basándose en la información obtenida durante las evaluaciones, se presentan los hallazgos correspondientes en los ensayos de la resistencia a la abrasión del afirmado se presenta los siguientes resultados, en donde la cantera Tres Tomas tiene un menor porcentaje de abrasión, seguido de la cantera San Nicolás y la cantera que presenta mayor abrasión es Pátapo La Victoria.

Figura 48

Comparativa de hallazgos de la Resistencia a la Abrasión



Fuente: Elaboración Propia

3.3. Límites de Atterberg

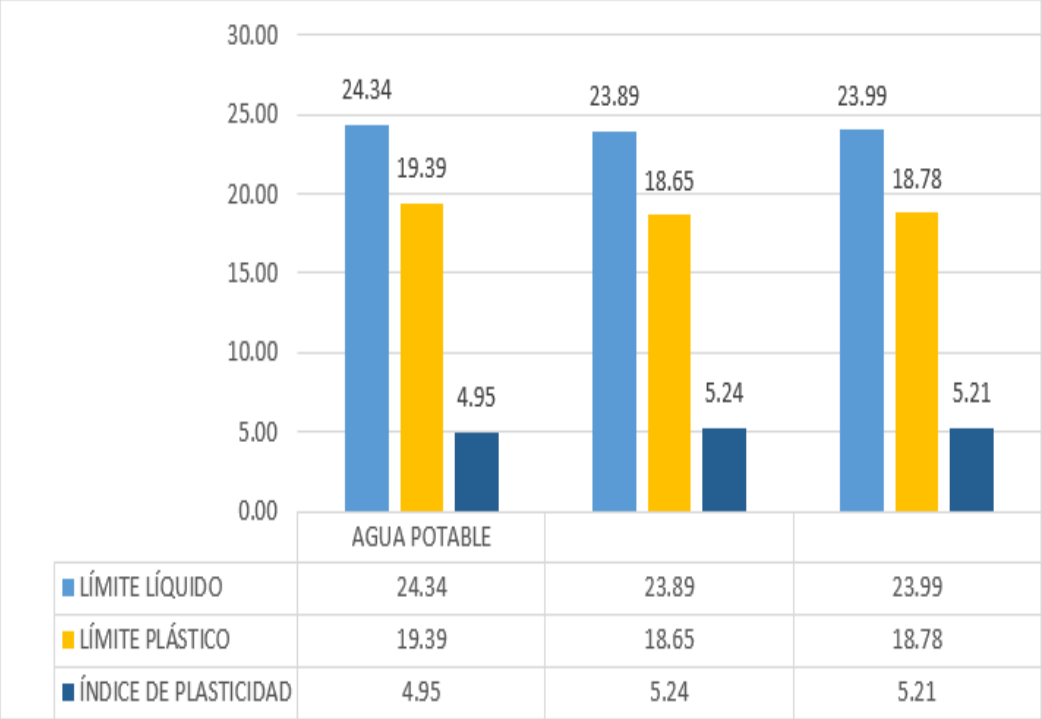
En los ensayos se presenta una disminución del límite líquido del afirmado de la Cantera Tres Tomas con agua de mar, tanto de la Playa de San José y Pimentel.

El límite plástico también evidencia una disminución notable cuando se compara con los resultados obtenidos al emplear agua potable, mostrando así un comportamiento diferenciado bajo distintas condiciones de humedad.

El Índice de Plasticidad sufre un aumento cuando se añade agua de mar de ambas playas.

Figura 49

Comparativa de hallazgos directos Límites de Atterberg de la Cantera Tres Tomas



Fuente: Elaboración Propia

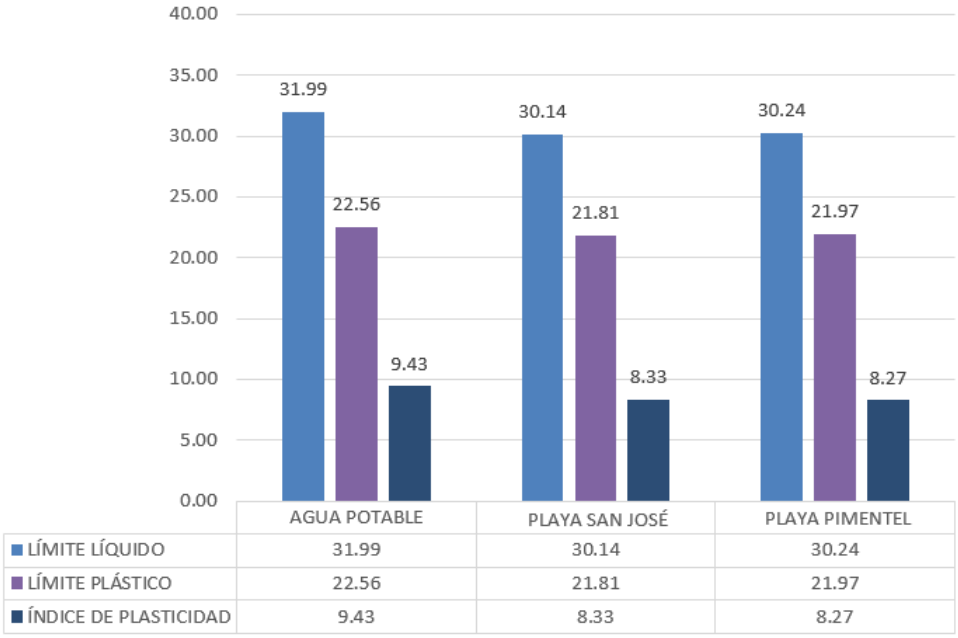
En los ensayos se presenta una disminución del límite líquido del afirmado de la Cantera Pátapo La Victoria con agua de mar, tanto de la Playa de San José y Pimentel.

El límite plástico igualmente exhibe una reducción significativa en comparación con los resultados obtenidos al utilizar agua potable, indicando un cambio considerable en las propiedades del suelo bajo diferentes condiciones de humedad.

El Índice de Plasticidad sufre una disminución cuando se añade agua de mar de ambas playas.

Figura 50

Comparación de resultados Límites de Atterberg de la Cantera Pátapo La Victoria



Fuente: Elaboración Propia

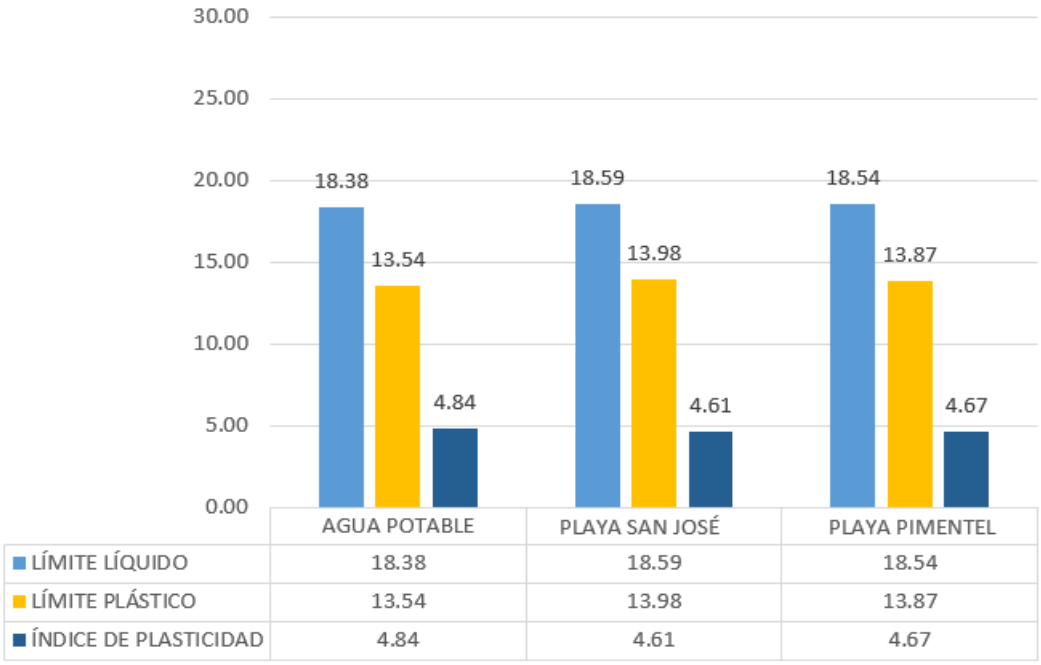
En los ensayos se presenta un aumento del límite líquido del afirmado de la Cantera San Nicolás con agua de mar, tanto de la Playa de San José y Pimentel.

El límite plástico también presenta un aumento en relación directa y expresa con los resultados con agua potable.

El Índice de Plasticidad sufre una disminución cuando se añade agua de mar de ambas playas.

Figura 51

Comparación de resultados Límites de Atterberg de la Cantera San Nicolás



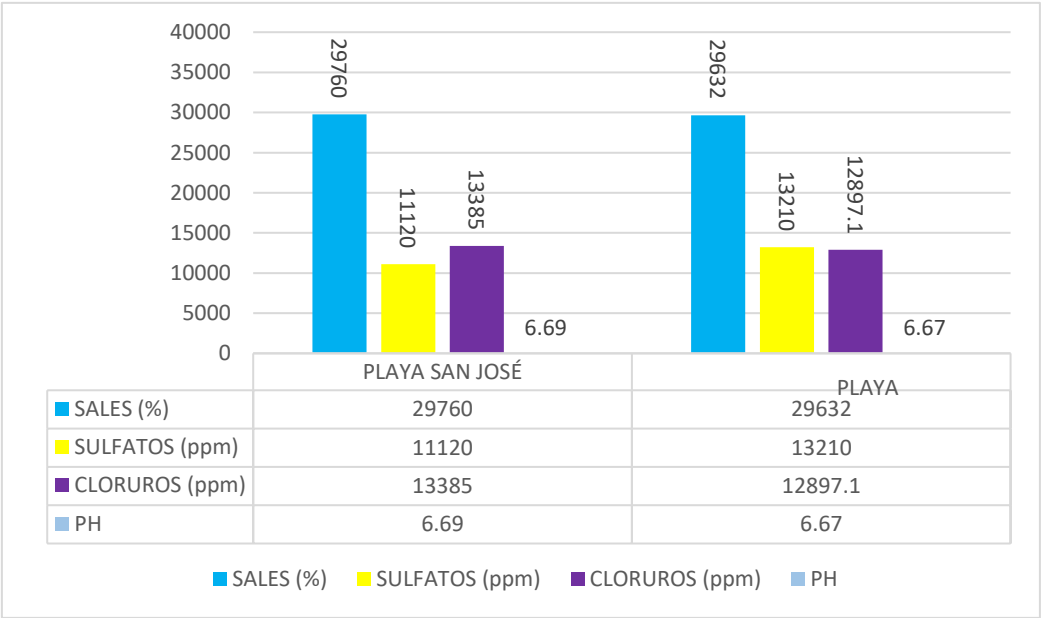
	AGUA POTABLE	PLAYA SAN JOSÉ	PLAYA PIMENTEL
LÍMITE LÍQUIDO	18.38	18.59	18.54
LÍMITE PLÁSTICO	13.54	13.98	13.87
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	4.84	4.61	4.67

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Sales, Sulfatos, Cloruros y PH

Figura 52

Comparativa de resultados de la Playa San José y Playa Pimentel

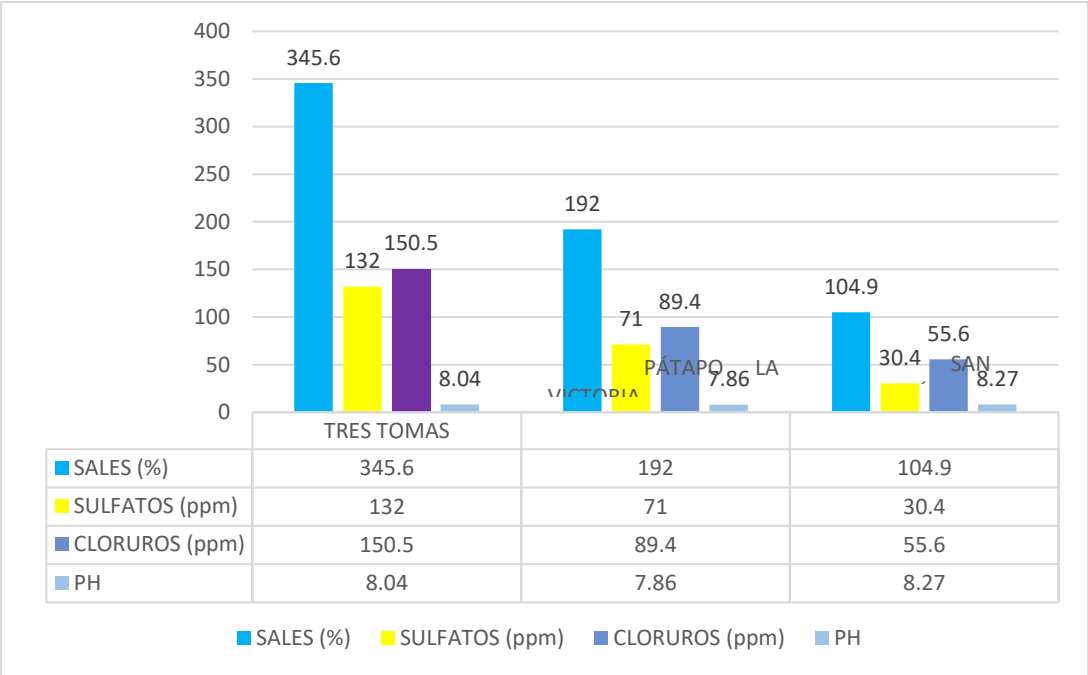


	PLAYA SAN JOSÉ	PLAYA
SALES (%)	29760	29632
SULFATOS (ppm)	11120	13210
CLORUROS (ppm)	13385	12897.1
PH	6.69	6.67

Fuente: Elaboración Propia

Figura 53

Comparativa de resultados de las Canteras Tres Tomas, Pátapo La Victoria y San Nicolás



Fuente: Elaboración Propia

Figura 54

Cuadro resumen – CBR y Proctor

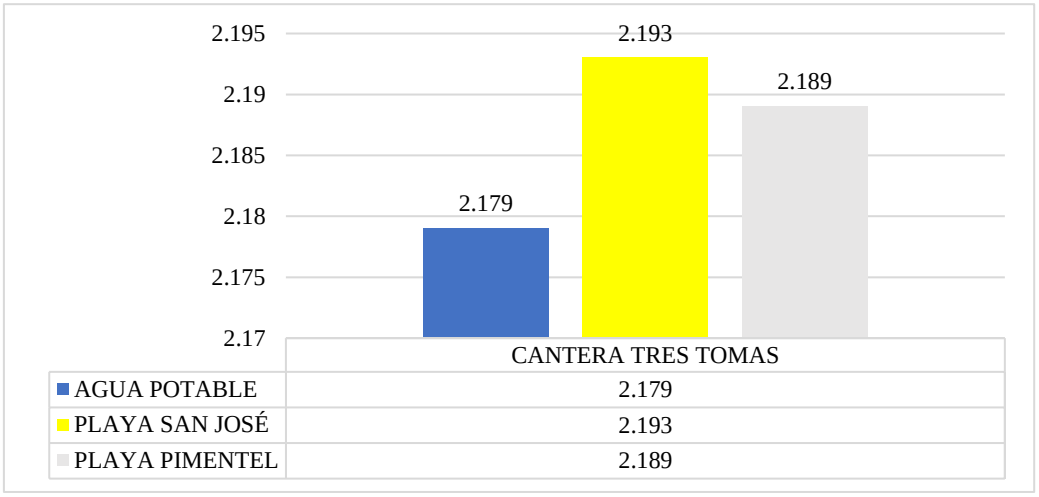
MUESTRA	PRÓCTOR MODIFICADO		CBR
	MDS (gr/cm3)	OCH (%)	CBR 95% para 0.1"
AFIRMADO CANTERA TRES TOMAS +AGUA POTABLE DEL LABORATORIO FICSA	2.179	7.65	59.45
AFIRMADO CANTERA TRES TOMAS +AGUA DE LA PLAYA SAN JOSÉ	2.193	7.52	67.72
AFIRMADO CANTERA TRES TOMAS +AGUA DE LA PLAYA PIMENTEL	2.189	7.45	63.9
AFIRMADO CANTERA PÁTAPO LA VICTORIA +AGUA POTABLE DE LA FICSA	2.061	8.54	51.67
AFIRMADO CANTERA PÁTAPO LA VICTORIA +AGUA PLAYA SAN JOSÉ	2.076	8.43	57.70
AFIRMADO CANTERA PÁTAPO LA VICTORIA +AGUA PLAYA PIMENTEL	2.073	8.38	60.98
AFIRMADO CANTERA SAN NICOLÁS+AGUA POTABLE DEL LABORATORIO FICSA	2.129	8.88	54.76
AFIRMADO CANTERA SAN NICOLÁS +AGUA DE LA PLAYA SAN JOSÉ	2.151	9.35	61.64
AFIRMADO CANTERA SAN NICOLÁS+AGUA DE LA PLAYA PIMENTEL	2.141	9.39	59.04

NOTA: Próctor Modificado – Máxima Densidad Seca

La densidad seca de tipo máxima muestra un aumento al incorporar agua de mar en comparación con el uso de agua potable.

Figura 55

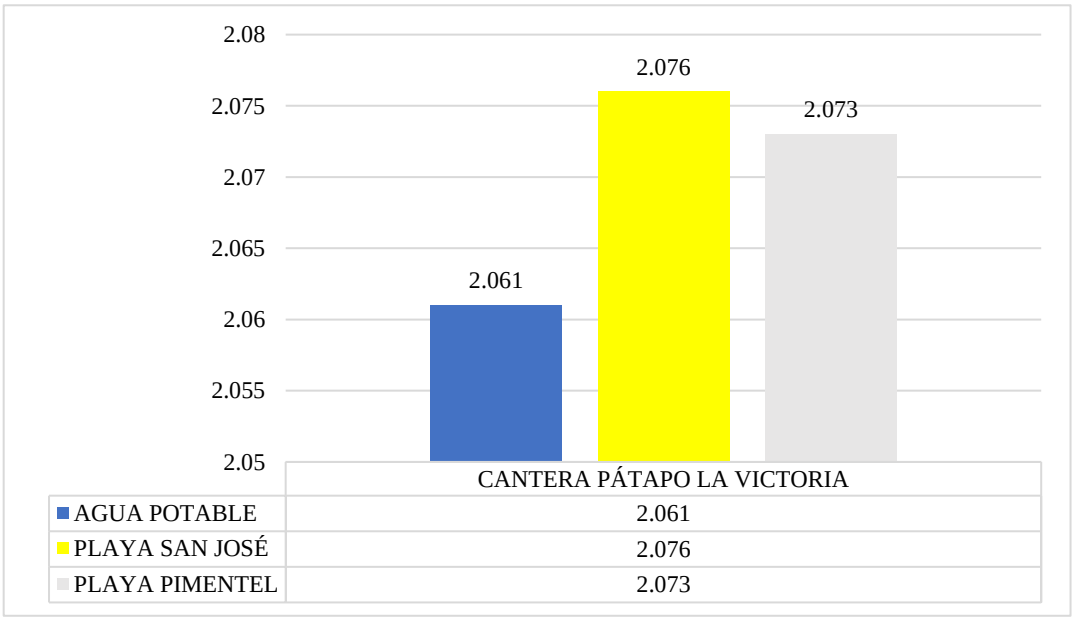
Comparativa de resultados de la MDS del afirmado de la cantera Tres Tomas.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 56

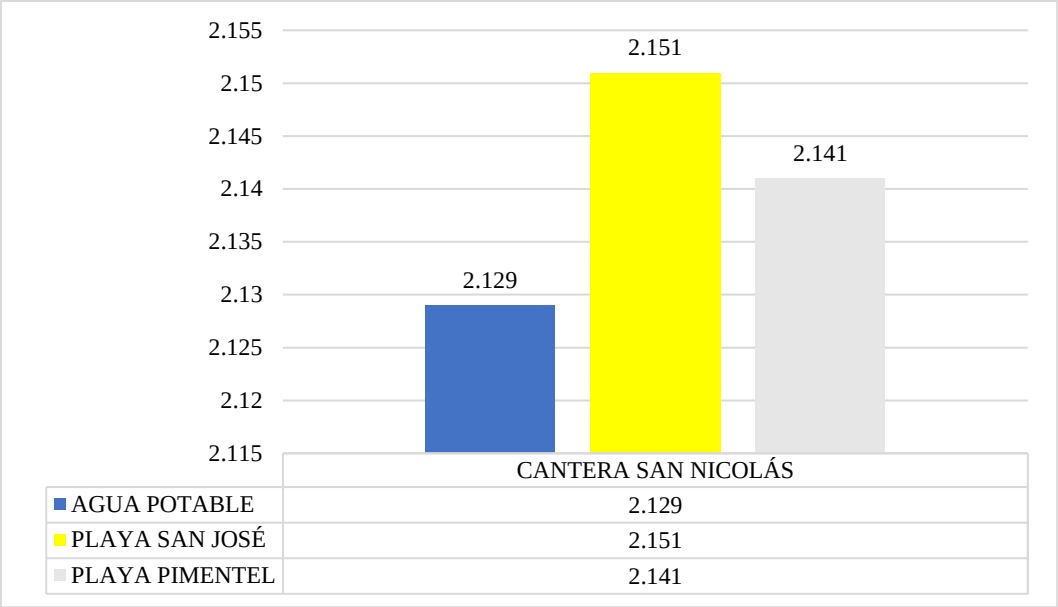
Comparativa de hallazgos de la MDS del afirmado de la cantera Pátapo La Victoria.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 57

Comparativa de hallazgos de MDS del afirmado de la cantera San Nicolás.



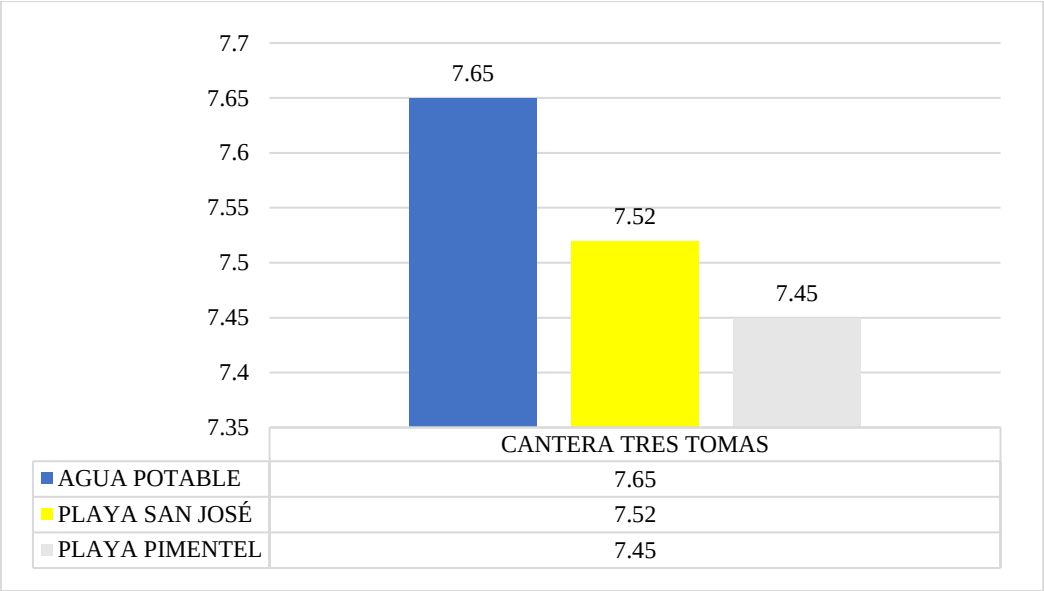
Fuente: Elaboración Propia

3.5. Próctor Modificado – Óptimo Contenido de Humedad

Se observa un decremento en el COH en las canteras Tres Tomás y Pátapo La Victoria al incorporar agua de mar en contraste con el uso de agua potable. Por otro lado, en la cantera San Nicolás se registra un aumento en el nivel óptimo de humedad al adicionar agua de mar.

Figura 58

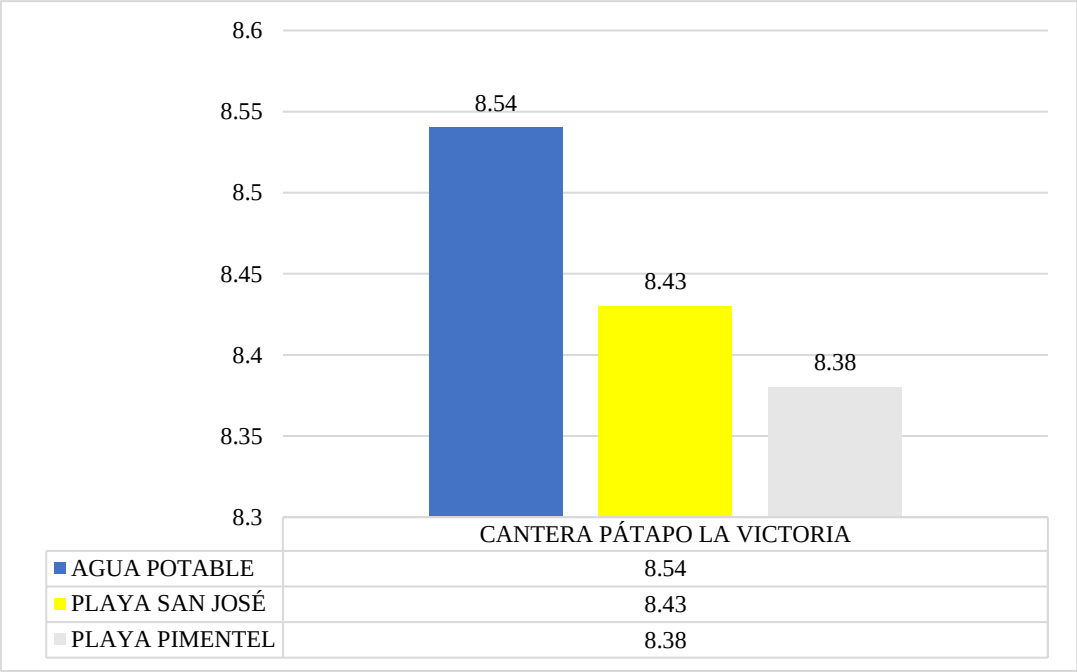
Comparativa específica de resultados del OCH de la Cantera Tres Tomas



Fuente: Elaboración Propia

Figura 59

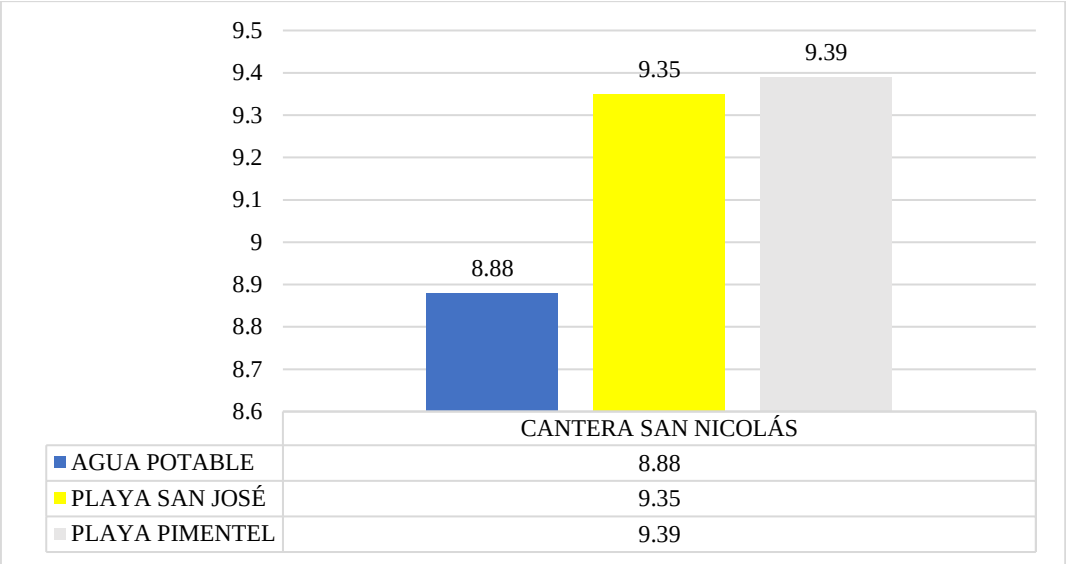
Comparativa específica de resultados del OCH de la Cantera Pátapo La Victoria



Fuente: Elaboración Propia

Figura 60

Comparativa específica de resultados del OCH de la Cantera San Nicolás.



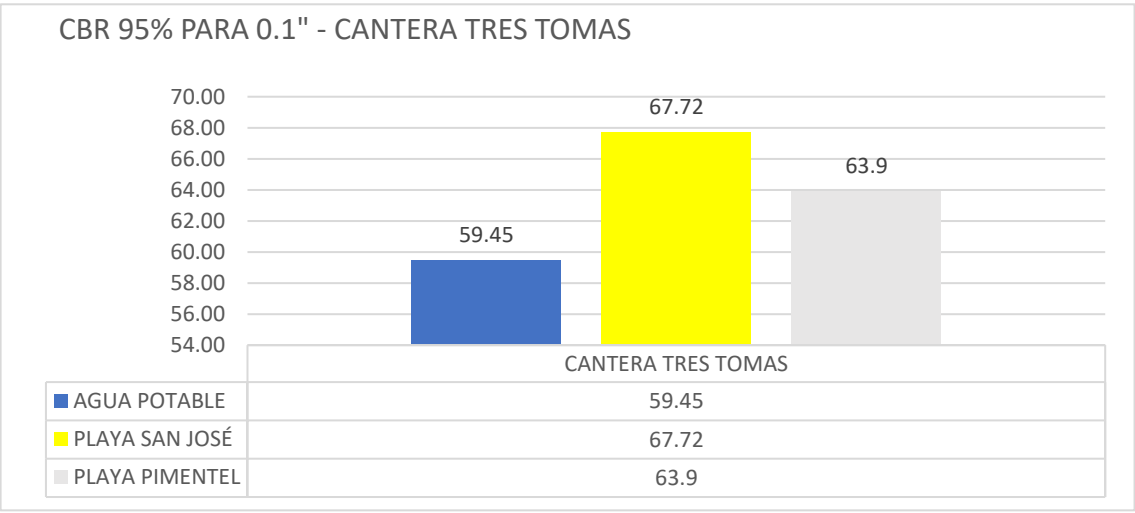
Fuente: Elaboración Propia

3.6 CBR

El ensayo de CBR presentó un aumento cuando se añade el AM de las playas de San José y Pimentel con respecto al agua potable.

Figura 61

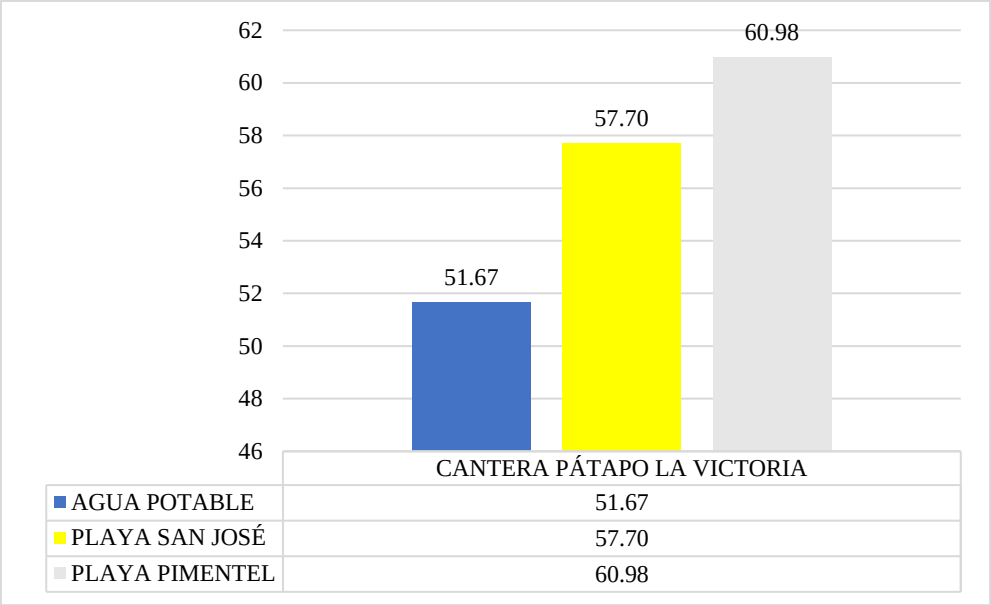
Comparativa específica de resultados CBR a 0.1” del afirmado de la cantera Tres Tomas.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 62

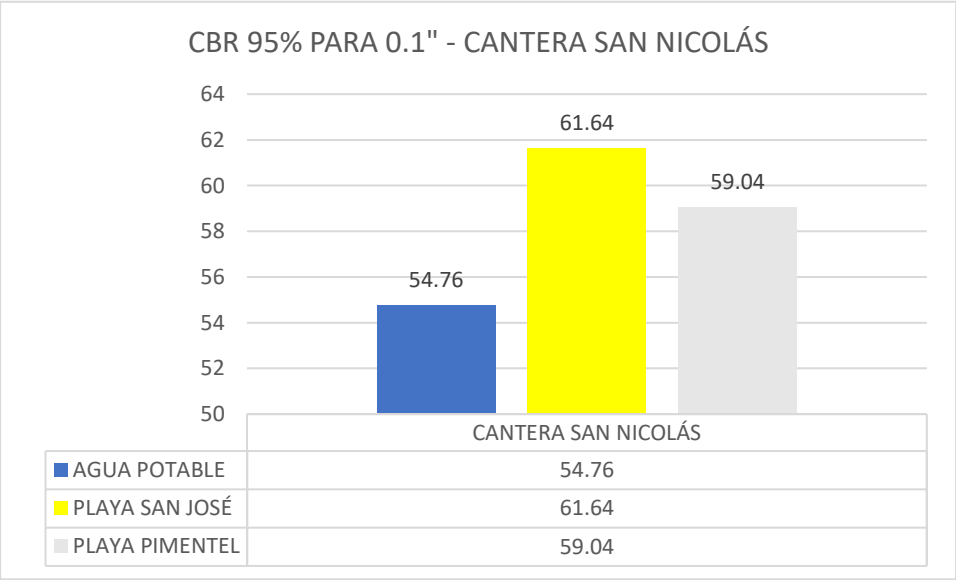
Comparativa de hallazgos CBR a 0.1" del afirmado de la cantera Pátapo La Victoria.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 63

Comparativa de hallazgos CBR a 0.1" del afirmado de la cantera San Nicolás.



Fuente: Elaboración Propia

3.7 Resultado Específicos.

En este apartado se presentan los resultados específicos obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio realizados al material de afirmado procedente de las canteras Tres Tomas, Pátapo La Victoria y San Nicolás, considerando el uso de agua potable y agua de mar proveniente de las playas de San José y Pimentel.

El análisis desarrollado permitió identificar las variaciones que se producen en el comportamiento del material cuando se emplean distintos tipos de agua, evaluando su influencia sobre las propiedades físicas y mecánicas relevantes para su desempeño como base granular en obras viales.

3.7.1. Evaluación de la influencia del agua de mar en las propiedades físicas y mecánicas de la base granular.

La evaluación de la influencia del agua de mar en las propiedades físicas y mecánicas del material de afirmado se realizó mediante el análisis comparativo de los resultados obtenidos al emplear agua potable de laboratorio y agua de mar proveniente de las playas de San José y Pimentel, considerando materiales de las canteras Tres Tomas, Pátapo La Victoria y San Nicolás.

En términos generales, los resultados evidencian que la incorporación de agua de mar genera modificaciones significativas en el comportamiento del material, principalmente en los parámetros asociados a la compactación y capacidad de soporte, los cuales son determinantes para su desempeño como base granular.

Para la Cantera Tres Tomas, la máxima densidad seca (MDS) aumentó de 2.179 g/cm³ con agua potable a 2.193 g/cm³ utilizando agua de mar de San José y 2.189 g/cm³ con agua de mar de Pimentel. Este incremento se vio acompañado de un aumento en el valor de

CBR al 95%, pasando de 59.45% con agua potable a 67.72% y 63.90%, respectivamente, lo que indica una mejora en la capacidad portante del material.

En el caso de la Cantera Pátapo La Victoria, se observó un comportamiento similar. La MDS se incrementó de 2.061 g/cm³ a 2.076 g/cm³ y 2.073 g/cm³ al emplear agua de mar, mientras que el CBR aumentó de 51.67% a 57.70% y 60.98%, evidenciando una respuesta mecánica favorable frente al uso de agua de mar.

Por su parte, el afirmado de la Cantera San Nicolás presentó un incremento de la MDS de 2.129 g/cm³ con agua potable a 2.151 g/cm³ y 2.141 g/cm³ con agua de mar. De manera concordante, el CBR aumentó de 54.76% a 61.64% y 59.04%, confirmando una mejora en la resistencia al esfuerzo penetrante.

Estos resultados permiten afirmar que el uso de agua de mar influye positivamente en las propiedades mecánicas del afirmado, incrementando la densificación del material y su capacidad de soporte, lo cual puede atribuirse a la acción de las sales disueltas, que favorecen la cohesión y el reacomodo de partículas durante el proceso de compactación.

3.7.2. Análisis del efecto del agua de mar en los límites de consistencia y el contenido óptimo de humedad.

El análisis del efecto del agua de mar en los límites de consistencia y en el contenido óptimo de humedad (OCH) se realizó a partir de los ensayos de Límites de Atterberg y Próctor Modificado, comparando los resultados obtenidos con agua potable y agua de mar de las playas de San José y Pimentel.

Límites de consistencia

Para el material de la Cantera Tres Tomas, los ensayos evidenciaron una disminución del límite líquido (LL) y del límite plástico (LP) al emplear agua de mar en comparación con

el uso de agua potable. No obstante, el índice de plasticidad (IP) mostró un incremento, lo que indica un cambio en el rango de plasticidad del material asociado a la presencia de sales marinas.

En el afirmado de la Cantera Pátapo La Victoria, tanto el límite líquido como el límite plástico presentaron una reducción significativa al utilizar agua de mar. En este caso, el índice de plasticidad también mostró una disminución, evidenciando un comportamiento menos plástico del material bajo la influencia del agua de mar.

Por el contrario, en la Cantera San Nicolás se registró un aumento del límite líquido y del límite plástico al incorporar agua de mar, mientras que el índice de plasticidad presentó una disminución, lo que sugiere una modificación en la interacción entre las partículas finas del suelo y el agua empleada.

Estos resultados confirman que el efecto del agua de mar sobre los límites de consistencia no es uniforme, sino que depende de la composición granulométrica y mineralógica del material de cada cantera.

Contenido óptimo de humedad

En relación con el contenido óptimo de humedad, los resultados del ensayo Próctor Modificado muestran tendencias diferenciadas según la cantera evaluada.

En la Cantera Tres Tomas, el OCH disminuyó de 7.65% con agua potable a 7.52% y 7.45% al emplear agua de mar de San José y Pimentel, respectivamente. De forma similar, en la Cantera Pátapo La Victoria, el OCH se redujo de 8.54% a 8.43% y 8.38%, evidenciando una menor demanda de humedad para alcanzar la máxima densidad seca.

Por el contrario, en la Cantera San Nicolás, el contenido óptimo de humedad aumentó de 8.88% con agua potable a 9.35% y 9.39% con agua de mar, lo que refleja un comportamiento distinto asociado a la naturaleza del material.

En conjunto, los resultados indican que el uso de agua de mar modifica de manera significativa los límites de consistencia y el contenido óptimo de humedad, influyendo directamente en el proceso de compactación y en el desempeño del material como base granular.

3.7.3. Determinación de la distribución granulométrica del material de afirmado.

La determinación de la distribución granulométrica del material de afirmado se realizó con el propósito de identificar la proporción y el tamaño de las partículas que conforman los materiales provenientes de las canteras Tres Tomas, Pátapo La Victoria y San Nicolás, y evaluar su adecuación para su uso como base granular.

Los resultados del análisis granulométrico permitieron establecer que los materiales evaluados presentan una predominancia de partículas arenosas, con presencia variable de finos, lo cual se refleja en su clasificación mediante los sistemas SUCS y AASHTO. En el sistema SUCS, los afirmados fueron clasificados principalmente como SP-SC y SP-SC/SM, indicando arenas mal gradadas con contenido de finos arcillosos y limosos. Por su parte, bajo la clasificación AASHTO, los materiales se ubicaron en el grupo A-2-4(0), correspondiente a materiales granulares de comportamiento favorable para aplicaciones viales.

La comparación de las curvas granulométricas, presentada en la Figura 46, evidencia que las tres canteras mantienen una distribución de tamaños relativamente similar, cumpliendo con los rangos granulométricos recomendados para materiales de afirmado. No obstante, se observan ligeras variaciones en el porcentaje de finos, las cuales influyen

directamente en las propiedades de plasticidad, compactación y capacidad de soporte del material.

En particular, los materiales de las canteras Tres Tomas y San Nicolás presentan una mayor proporción de finos en comparación con la cantera Pátapo La Victoria, lo que guarda relación con los resultados obtenidos en los ensayos de Límites de Atterberg y Próctor Modificado, donde se registraron diferencias en el comportamiento frente al uso de agua potable y agua de mar.

En términos generales, la distribución granulométrica determinada confirma que los materiales de afirmado evaluados cumplen con las características necesarias para su empleo como base granular, y que las variaciones observadas en su comportamiento mecánico responden principalmente a la interacción entre la granulometría, el contenido de finos y el tipo de agua utilizada durante los ensayos.

3.7.4. Evaluación de la resistencia de la base granular mediante el ensayo CBR.

La evaluación de la resistencia de la base granular se realizó mediante el ensayo de Índice de Soporte California (CBR), con el objetivo de determinar la capacidad portante del material de afirmado procedente de las canteras Tres Tomas, Pátapo La Victoria y San Nicolás, empleando agua potable y agua de mar de las playas de San José y Pimentel.

Los resultados obtenidos evidencian que el uso de agua de mar genera un incremento en los valores de CBR en comparación con los obtenidos utilizando agua potable, lo que refleja una mejora en el comportamiento mecánico del material frente al esfuerzo de penetración.

En la Cantera Tres Tomas, el valor de CBR al 95% aumentó de 59.45% con agua potable a 67.72% al utilizar agua de mar de la playa San José y a 63.90% con agua de mar

de la playa Pimentel. Este incremento indica una mayor capacidad de soporte del material, asociada a una mejor compactación y cohesión interna.

Para la Cantera Pátapo La Victoria, el CBR se incrementó de 51.67% con agua potable a 57.70% con agua de mar de San José y a 60.98% con agua de mar de Pimentel, mostrando un aumento progresivo en la resistencia del afirmado al emplear agua de mar.

De manera similar, el afirmado de la Cantera San Nicolás presentó un aumento del CBR de 54.76% con agua potable a 61.64% y 59.04% al emplear agua de mar de San José y Pimentel, respectivamente.

Los resultados comparativos, presentados en las Figuras 60, 61 y 62, confirman que el uso de agua de mar influye positivamente en la resistencia de la base granular, lo cual puede atribuirse a la acción de las sales disueltas, que favorecen la densificación y la interacción entre las partículas del material durante el proceso de compactación.

3.7.5. Análisis del efecto del agua de mar en la máxima densidad seca del material.

El análisis del efecto del agua de mar en la máxima densidad seca (MDS) del material de afirmado se realizó a partir de los resultados obtenidos en el ensayo Próctor Modificado, comparando los valores alcanzados con agua potable y agua de mar de las playas de San José y Pimentel.

En la Cantera Tres Tomas, la MDS se incrementó de 2.179 g/cm³ con agua potable a 2.193 g/cm³ con agua de mar de San José y a 2.189 g/cm³ con agua de mar de Pimentel. Este comportamiento evidencia una mejora en la compactabilidad del material al emplear agua de mar.

Para la Cantera Pátapo La Victoria, se registró un aumento de la MDS de 2.061 g/cm³ con agua potable a 2.076 g/cm³ y 2.073 g/cm³ al utilizar agua de mar de San José y Pimentel,

respectivamente, confirmando una tendencia similar a la observada en la cantera Tres Tomas.

En el caso de la Cantera San Nicolás, la máxima densidad seca aumentó de 2.129 g/cm³ con agua potable a 2.151 g/cm³ con agua de mar de San José y a 2.141 g/cm³ con agua de mar de Pimentel, mostrando el mayor incremento relativo entre las canteras evaluadas.

Las Figuras 54, 55 y 56 ilustran de manera comparativa el comportamiento de la MDS para cada cantera, evidenciando que el empleo de agua de mar permite alcanzar mayores densidades secas, lo que se traduce en una mejor compactación del material.

En conjunto, los resultados indican que el uso de agua de mar tiene un efecto favorable en la máxima densidad seca del afirmado, mejorando su desempeño como base granular, especialmente en zonas donde el acceso al agua potable es limitado.

3.3.6. Comparación de costos de abastecimiento y transporte de agua de mar y agua potable en zonas costeras de Lambayeque.

El análisis comparativo de los costos asociados al abastecimiento y transporte de agua evidencia diferencias sustanciales entre el uso de agua potable y agua de mar para el proceso de conformación de bases granulares en zonas costeras de la región Lambayeque. Estas diferencias están directamente relacionadas con las condiciones logísticas de captación, distancia de transporte y rendimiento operativo del sistema de suministro.

En el caso del uso de agua potable, se consideró una distancia de transporte de 30 km desde la fuente de captación hasta la zona de obra, empleando una cisterna con capacidad de 3 500 galones, equivalente a 13.2475 m³ por viaje. Bajo estas condiciones, el rendimiento diario alcanzado fue de 60.71 m³/día. El tiempo total por ciclo operativo fue de 94.27 minutos, resultado de la suma del tiempo de recorrido cargado (45.00 min), recorrido descargado (25.71 min) y las operaciones de carga y descarga (23.55 min). Esta duración del

ciclo limitó el número de viajes diarios a 4.58 ciclos, lo que repercutió directamente en el costo del servicio. Como consecuencia, el costo directo unitario obtenido fue de S/ 32.15 por metro cúbico, valor que refleja una baja eficiencia operativa debido principalmente a los prolongados tiempos de traslado.

Por el contrario, en el escenario de uso de agua de mar, la captación se realizó a una distancia significativamente menor, de apenas 1 km desde la obra, manteniendo la misma capacidad de cisterna. Esta condición permitió una reducción sustancial de los tiempos de recorrido, registrándose un tiempo total por ciclo de 25.91 minutos. Como resultado, fue posible incrementar el número de ciclos diarios hasta 16.67, alcanzando un volumen transportado de 220.89 m^3/día, valor que representa más de tres veces el rendimiento obtenido con agua potable. Esta mejora operativa se tradujo directamente en una reducción del costo directo unitario, el cual descendió a S/ 8.83 por metro cúbico.

De manera comparativa, el empleo de agua de mar permitió una reducción aproximada del 72.5 % en el costo directo por metro cúbico respecto al uso de agua potable. Este ahorro económico se explica fundamentalmente por la proximidad de la fuente de abastecimiento, que minimiza los tiempos muertos, optimiza el uso del equipo de transporte y maximiza la productividad diaria de la cisterna.

En consecuencia, desde una perspectiva económica y operativa, el uso de agua de mar se presenta como una alternativa altamente viable y eficiente para proyectos viales desarrollados en zonas costeras de la región Lambayeque, especialmente en contextos donde el acceso al agua potable es limitado o implica elevados costos de transporte. Estos resultados respaldan la conveniencia de considerar el agua de mar como un recurso estratégico en la conformación de bases granulares, siempre que su empleo se realice conforme a los lineamientos técnicos y normativos vigentes.

Tabla 32

Comparación de costos de abastecimiento y transporte de agua de mar y agua potable.

Ítem	Agua Potable	Agua de Mar
Capacidad de cisterna	3 500 gal (13.2475 m³)	3 500 gal (13.2475 m³)
Distancia de captación a obra	30 km	1 km
Velocidad promedio cargada	40 km/h	40 km/h
Velocidad promedio descargada	70 km/h	70 km/h
Tiempo de recorrido cargado	45.00 min	1.50 min
Tiempo de recorrido descargado	25.71 min	0.86 min
Tiempo de carga y descarga	23.55 min	23.55 min
Tiempo total por ciclo	94.27 min	25.91 min
Tiempo efectivo diario (95%)	432.00 min	432.00 min
Número de ciclos por día	4.58 ciclos	16.67 ciclos
Volumen transportado por día	60.71 m³/día	220.89 m³/día
Costo diario de operación	S/ 32.15	S/ 8.83
Costo unitario por m³	S/ 32.15/m³	S/ 8.83/m³
Diferencia porcentual de costo	—	–72.5 %

Fuente: Elaboración propia.

IV. Discusión

En el presente capítulo se analizan e interpretan los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo de la investigación, con el propósito de evaluar su significado técnico y su aplicabilidad en el ámbito de la ingeniería vial. La discusión se fundamenta en el contraste entre los resultados experimentales y los criterios técnicos establecidos, así como en su relación con las condiciones reales de aplicación del material de afirmado como **base granular**.

El análisis considera, en primer lugar, la **coherencia de los resultados con la normativa vigente**, evaluando el cumplimiento de los requisitos técnicos exigidos para materiales granulares utilizados en infraestructura vial. Este enfoque permite verificar si las variaciones observadas al emplear agua de mar influyen o no en la aptitud del material para su uso en obra.

Asimismo, se aborda el **impacto del diseño en la realidad del territorio**, considerando las condiciones propias del entorno donde podrían aplicarse los resultados del estudio, tales como la disponibilidad de recursos hídricos, la cercanía a zonas costeras y las características del material local. Este análisis permite valorar la pertinencia técnica y práctica del uso de agua de mar en contextos reales, más allá de los resultados obtenidos en laboratorio.

Finalmente, la discusión incorpora una **comparación con estudios similares**, con el fin de contrastar los hallazgos de la presente investigación con resultados reportados en trabajos previos, identificando coincidencias, diferencias y aportes relevantes. Esta comparación contribuye a fortalecer la validez del estudio y a contextualizar sus resultados dentro del marco de investigaciones relacionadas con el uso de agua no convencional en materiales granulares.

En conjunto, este capítulo busca integrar los resultados experimentales con criterios normativos, territoriales y académicos, proporcionando una base técnica sólida para sustentar las conclusiones y recomendaciones planteadas en la investigación.

Coherencia Con La Normativa Vigente.

Los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio fueron contrastados con los requerimientos establecidos en la normativa técnica vigente para materiales granulares utilizados en obras viales, principalmente el Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (MTC), así como con criterios de referencia de las normas ASTM y AASHTO aplicadas durante el desarrollo experimental.

En cuanto a la distribución granulométrica, los materiales de afirmado provenientes de las canteras Tres Tomas, Pátapo La Victoria y San Nicolás se clasificaron dentro del grupo A-2-4(0) según el sistema AASHTO, lo cual se encuentra dentro de los rangos permitidos para materiales empleados como base granular.

Respecto a los límites de consistencia, las variaciones observadas al emplear agua de mar no generaron valores que excedan los rangos admisibles establecidos por la normativa. Si bien se presentaron cambios en el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, estos no comprometen el uso del material como base granular, siempre que se mantenga un adecuado control del contenido de humedad y del proceso de compactación en obra.

En relación con los resultados del ensayo Próctor Modificado, se observó que la máxima densidad seca alcanzada utilizando agua de mar fue igual o superior a la obtenida con agua potable en las tres canteras evaluadas. Este comportamiento es coherente con las exigencias normativas, las cuales priorizan la obtención de densidades secas elevadas como condición fundamental para garantizar la estabilidad y durabilidad de la base granular.

Por otro lado, los valores de CBR obtenidos superan los mínimos exigidos por la normativa vigente para materiales de base, registrándose incrementos cuando se utilizó agua de mar en comparación con el uso de agua potable. Este resultado confirma que, desde el punto de vista normativo, el material evaluado presenta una capacidad de soporte adecuada para su aplicación en infraestructura vial.

En conjunto, el análisis de los resultados en relación con la normativa vigente permite concluir que el material de afirmado estudiado cumple con los requisitos técnicos exigidos, incluso cuando se emplea agua de mar en su preparación y compactación. No obstante, su aplicación debe considerar un adecuado control técnico en obra, especialmente en lo referido al contenido de humedad y al proceso de compactación, a fin de garantizar un desempeño estructural satisfactorio.

Impacto Del Diseño En La Realidad Del Territorio.

El diseño propuesto y los resultados obtenidos en la presente investigación adquieren especial relevancia al analizarse en el contexto real del territorio donde podrían ser aplicados. En zonas cercanas al litoral, como las evaluadas en el estudio, la disponibilidad de agua potable suele ser limitada o priorizada para el consumo humano, lo que genera restricciones durante la ejecución de obras viales, particularmente en las etapas de preparación y compactación de materiales granulares.

Los resultados de laboratorio demuestran que el uso de agua de mar no solo no afecta negativamente el comportamiento del material de afirmado, sino que en varios casos mejora parámetros clave, como la máxima densidad seca y la capacidad de soporte (CBR). Este comportamiento permite considerar al agua de mar como una alternativa técnicamente viable para la ejecución de bases granulares en proyectos ubicados en zonas costeras, reduciendo la dependencia del agua potable y facilitando la logística de obra.

Desde el punto de vista territorial, la aplicación de este enfoque puede generar beneficios operativos y económicos, al disminuir los costos asociados al transporte y abastecimiento de agua dulce desde fuentes distantes. Asimismo, el uso de recursos disponibles localmente contribuye a una mayor eficiencia en la ejecución de proyectos viales, especialmente en áreas donde las condiciones climáticas y geográficas dificultan el acceso a servicios básicos.

No obstante, el impacto del diseño en la realidad del territorio también requiere considerar un adecuado control técnico en obra, particularmente en lo referido al manejo del contenido de humedad, la protección de elementos metálicos y la verificación de que los materiales cumplan con las especificaciones normativas. Estas medidas permiten asegurar que los beneficios observados en laboratorio se reproduzcan de manera efectiva durante la ejecución del proyecto.

En este sentido, el diseño evaluado no solo responde a criterios técnicos y normativos, sino que se adapta a las condiciones reales del territorio, aportando una solución práctica y sostenible para la construcción de infraestructura vial en zonas costeras, donde el aprovechamiento responsable de los recursos disponibles resulta fundamental.

Comparación Con Estudios Similares.

Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran una tendencia consistente con los hallazgos reportados en estudios previos a nivel internacional y nacional, en los cuales se evalúa el uso de agua de mar como alternativa técnica en la mejora de las propiedades físico-mecánicas de suelos y materiales granulares empleados en infraestructura vial.

A nivel internacional, los resultados concuerdan con lo señalado por Himawan (2021), quien evidenció una reducción significativa de los límites de consistencia al emplear

agua de mar en suelos arcillosos, así como variaciones en el contenido óptimo de humedad. De manera similar, en el presente estudio se observa que la presencia de sales disueltas influye directamente en la interacción agua–suelo, generando modificaciones en la plasticidad y en el comportamiento del material durante la compactación. Esta coincidencia refuerza la hipótesis de que los procesos de intercambio iónico y floculación inducidos por el agua de mar contribuyen a mejorar la estructura interna del suelo.

Asimismo, los resultados obtenidos guardan relación con los reportados por Hattamleh et al. (2020) y Kady et al. (2020), quienes identificaron incrementos en la densidad seca máxima y mejoras en la capacidad portante, acompañadas de una reducción del contenido óptimo de humedad. En la presente investigación, el comportamiento observado en la base granular confirma que el uso de agua de mar favorece un empaquetamiento más eficiente de las partículas, lo cual se refleja en una mejora de los parámetros de compactación y resistencia.

Por otro lado, los resultados son comparables con los obtenidos por Netterberg (2023), quien evaluó el uso de agua de mar en la compactación de bases granulares en una obra vial a escala real, concluyendo que las diferencias frente al uso de agua dulce son mínimas y que los valores de CBR y compactación resultan plenamente satisfactorios. En ese sentido, los valores obtenidos en la presente tesis confirman la viabilidad técnica del uso de agua de mar, especialmente en contextos donde la disponibilidad de agua potable es limitada.

A nivel nacional, los hallazgos presentan una marcada concordancia con lo reportado por Mamani (2022) y De la Cruz et al. (2022), quienes evidenciaron incrementos significativos en los valores de CBR al utilizar agua de mar en afirmados y subbases. De manera similar, en el presente estudio se observa un aumento en la capacidad portante del

material, lo que demuestra que la incorporación de agua de mar contribuye positivamente al desempeño estructural de las capas granulares. Esta coincidencia valida el potencial del agua de mar como un agente estabilizador alternativo dentro del contexto de la ingeniería vial peruana.

Del mismo modo, los resultados obtenidos guardan relación con los estudios de Aguilar y Bances (2021), así como de Cuya y Paco (2021), quienes demostraron que materiales inicialmente no aptos para su uso como subbase lograron cumplir con los requisitos normativos tras la incorporación de agua de mar o sales disueltas. En ese sentido, la presente investigación refuerza la idea de que la salinidad controlada puede transformar favorablemente el comportamiento mecánico de los materiales granulares, siempre que se respeten condiciones técnicas adecuadas de dosificación y control.

Finalmente, al contrastar los resultados con lo expuesto por Luna y Yzaguirre (2019), se evidencia que una dosificación adecuada de componentes salinos resulta determinante para alcanzar mejoras significativas en la resistencia del material, evitando efectos adversos asociados a concentraciones excesivas. Este criterio es coherente con los resultados de la presente tesis, donde se confirma que el uso racional del agua de mar permite optimizar las propiedades del material sin comprometer su estabilidad.

En conjunto, la comparación con estudios similares permite afirmar que los resultados obtenidos son consistentes con la literatura técnica existente, tanto a nivel internacional como nacional. Asimismo, se evidencia que la presente investigación aporta información relevante al contexto local, ampliando el conocimiento sobre el uso del agua de mar en bases granulares y consolidando su viabilidad como alternativa técnica sostenible para proyectos viales en zonas costeras con restricciones de agua dulce.

Conclusiones

1. El empleo de agua de mar incrementó de manera significativa la concentración de sales solubles en el afirmado, alcanzando valores promedio de 29 700 ppm, frente a aproximadamente 100 ppm obtenidos con agua potable. Este aumento se reflejó principalmente en mayores contenidos de cloruros y sulfatos, así como en una ligera reducción del pH. Dichas variaciones químicas favorecieron la retención de humedad y promovieron fenómenos físico-químicos que mejoraron el comportamiento mecánico del material, evidenciándose incrementos en la capacidad de soporte y una mejor respuesta frente a la compactación.

2. Los ensayos de límites de Atterberg evidenciaron una reducción generalizada del límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP) en las muestras tratadas con agua de mar, en comparación con aquellas preparadas con agua potable. Esta disminución indica un material menos plástico y más estable, lo que mejora su trabajabilidad. Asimismo, el contenido óptimo de humedad presentó variaciones moderadas, con tendencia a incrementarse ligeramente en algunas canteras, comportamiento asociado a la higroscopicidad de las sales presentes en el agua de mar, facilitando el control de humedad durante la compactación.

3. El análisis granulométrico de los materiales provenientes de las canteras Tres Tomas, Pátapo La Victoria y San Nicolás mostró una distribución estable y adecuada, cumpliendo con los requisitos establecidos por las clasificaciones SUCS y AASHTO. Los porcentajes de finos se mantuvieron dentro de rangos aceptables, entre 7 % y 12 %, y no se evidenciaron variaciones significativas al emplear agua de mar, lo que confirma que su uso no altera la estructura granulométrica del afirmado.

4. Los resultados del ensayo CBR evidenciaron que el uso de agua de mar permitió mantener e incrementar la capacidad de soporte del afirmado. Al 95 % de la máxima densidad seca, los valores de CBR aumentaron entre 6 % y 10 % respecto al uso de agua potable. Por ejemplo, en la cantera Tres Tomas el CBR pasó de 59,45 % con agua potable a 63,9 % y 67,7 % con agua de mar de Pimentel y San José, respectivamente. Estos resultados posicionan al material dentro de la categoría de subbase de comportamiento regular a bueno, conforme a los criterios del MTC.

5. La evaluación de la máxima densidad seca demostró que el uso de agua de mar genera valores superiores o equivalentes a los obtenidos con agua potable. Este comportamiento se atribuye a la floculación de partículas finas y a un mejor empaquetamiento granular inducido por las sales disueltas, lo que reduce la plasticidad y favorece una compactación más eficiente. En conjunto, estos efectos contribuyen a mejorar la capacidad estructural de la base granular.

6. El análisis económico evidenció que el costo de extracción de agua potable desde fuentes fluviales asciende a 32,15 soles por metro cúbico por día, mientras que el uso de agua de mar en zonas cercanas al proyecto representa un costo aproximado de 8,83 soles por metro cúbico diario. Esta diferencia significativa demuestra que el uso de agua de mar resulta económicamente más viable, especialmente cuando la fuente se encuentra próxima a la obra.

Recomendaciones

1. Se recomienda implementar controles periódicos de sales solubles, cloruros, sulfatos y pH cuando se utilice agua de mar, a fin de prevenir posibles efectos adversos, como la corrosión de elementos metálicos o pérdidas de resistencia a largo plazo.

2. Se recomienda ajustar el contenido de humedad en obra cuando se emplee agua de mar, considerando las características particulares de cada cantera, a fin de garantizar una compactación eficiente y evitar desviaciones respecto al contenido óptimo determinado en laboratorio.

3. Se recomienda verificar previamente la granulometría del material antes de su empleo en obra, asegurando que cumpla con los límites normativos, independientemente del tipo de agua utilizada durante el proceso de preparación y compactación.

4. Se recomienda considerar el uso de agua de mar en la conformación de afirmados destinados a vías no pavimentadas, especialmente en zonas costeras, priorizando su aplicación en capas donde no exista contacto directo con elementos metálicos susceptibles a corrosión.

5. Se recomienda emplear agua de mar bajo condiciones de compactación controladas, asegurando una correcta dosificación de humedad y un adecuado control del proceso, a fin de maximizar los beneficios asociados al incremento de la densidad seca.

6. Se recomienda incorporar el análisis de disponibilidad y distancia de la fuente de agua en la planificación de proyectos viales costeros, priorizando el uso de agua de mar cuando ello permita reducir costos operativos sin comprometer la calidad técnica del afirmado.

Referencias Bibliográficas

Aguilar, P., & Bances, J. (2021). *Estabilización de la red vial con agua de mar en el centro poblado Huacacorral, Guadalupito,*. Repositorio de la Universidad César Vallejo. https://hdl.handle.net/20.500.12692/88298

Ancajima, J. (2022). *Estabilización de trochas carrozables mediante la aplicación de agua de mar en localidad de Pocitas Máncora.* Repositorio de la Universidad César Vallejo. https://hdl.handle.net/20.500.12692/140372

Chavez, R. R. L., Rojas, M. E. A., & Puente, E. E. R. D. L. (2020). Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, *3*(2), 33-40. https://doi.org/10.25127/ucni.v3i2.612

Cuya, R., & Paco, J. (2021). *Evaluación del efecto del agua de mar en el comportamiento geomecánico de suelos granulares finos.* Revista de Ingeniería Civil y Ambiental.

De la Cruz, M., Sánchez, L., & Torres, H. (2022). *Influencia del uso de agua de mar en el CBR y compactación de subbases afirmadas.* (Revista Peruana de Ingeniería, 6(1)).

De la Cruz, S., Pezo, P., Noel, E., & Mendoza, C. (2022). *Evaluación de la aplicación de agua de mar para mejorar el CBR.* Universidad, Ciencia y Tecnología. https://doi.org/10.47460/uct.v26i112.548

Durón, R. E. (s. f.). *NORMAS AASHTO*. Recuperado 3 de febrero de 2026, de https://www.academia.edu/94351260/NORMAS_AASHTO

Hattamleh, O., Al-Busoul, M., & Al-Tarawneh, K. (2020). *Effect of seawater on geotechnical properties of clayey soils. International Journal of Geotechnical Engineering.: 14.4.*

Himawan, M. (2021). *nfluence of seawater on consolidation and consistency limits of clay soils. Journal of Marine Geotechnics,.* Journal of Marine Geotechnics,.

Kady, A. E., Bakr, M. A., & Gad, S. A. (2020a). EVALUATION OF SALT WATER EFFECT ON THE PHYSICAL PROPERTIES AND COMPACTION CHARACTERISTICS OF EXPANSIVE SOIL. *INTERNATIONAL JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND TECHNOLOGY (IJCIET)*, *11*(11). https://doi.org/10.34218/IJCIET.11.11.2020.005

Kady, A. E., Bakr, M. A., & Gad, S. A. (2020b). EVALUATION OF SALT WATER EFFECT ON THE PHYSICAL PROPERTIES AND COMPACTION CHARACTERISTICS OF EXPANSIVE SOIL. *INTERNATIONAL JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND TECHNOLOGY (IJCIET)*, *11*(11), 49-64.

Kady, A., El-Rawy, M., & Hassan, M. (2020). *Effect of saline water on swelling and engineering properties of clayey soils. Alexandria Engineering Journal,* (Vol. 5). Alexandria Engineering Journal,.

Khaidir, K., & Arsyad, M. (2024, agosto 21). *Effect of Water Acidity and Salinity on the CBR (California Bearing Ratio) of Compacted Laterite*. Proceedings of the 1st International Conference on Environmental Science, Development, and Management, ICESDM 2023, 2 November 2023, Banjarmasin, South Kalimantan, Indonesia. https://eudl.eu/doi/10.4108/eai.2-11-2023.2348003?utm_source=chatgpt.com

Lu, B., Liu, C., Guo, J., & Feng, N. (2023). Study on Physical and Mechanical Properties of High-Water Material Made by Seawater. *Sustainability*, *15*(4), 3334. https://doi.org/10.3390/su15043334

Luna Enriquez, V. L. A., & Yzaguirre Caballero, B. R. (2019). Estabilización de la red vial vecinal AN-873—0+000 al 2+400 km con cloruro de sodio proveniente del agua de mar, Santa, Santa, Áncash—2019. *Repositorio Institucional - UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/37519

Mamani Pacohuanaco, R. W. (2022). *Análisis de los efectos del agua de mar en la estabilización a nivel de afirmado en la trocha Carrozable, tramo: Playa El Chasqui – José Olaya, distrito de La Yarada Los Palos, Tacna – 2022*. https://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/20.500.12510/4322

MANUAL DE CARRETERAS MTC - Peru (Actual) Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos | PDF. (s. f.). Recuperado 3 de febrero de 2026, de https://es.scribd.com/document/385921299/MANUAL-DE-CARRETERAS-MTC-Peru-Actual-Suelos-Geologi-a-Geotecnia-y-Pavimentos

Manuales MTC Peru Al 2014 | PDF. (s. f.). Recuperado 3 de febrero de 2026, de https://es.scribd.com/doc/234078800/Manuales-Mtc-Peru-Al-2014

Milla, U., & Geraldine, K. (2020). *Evaluación de la aplicación de agua de mar para mejorar el CBR de la subrasante afirmada – AA.HH. Tupac Amaru—Vegueta*. https://repositorio.unab.edu.pe/item/4ac645b6-3d04-45a0-a007-fc88f363ac19

:::Ministerio de Transportes y Comunicaciones::: (s. f.). Recuperado 3 de febrero de 2026, de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

Mohanty, M., Mohapatra, S. S., & Nayak, S. (2022). Efficacy of C&D waste in base/subbase layers of pavement – current trends and future prospectives: A systematic review. *Construction and Building Materials*, *340*, 127726. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127726

Netterberg, F. (2023). *The use of seawater in road construction: Part 1 – the swartklip and lambert's bay experiments*. http://hdl.handle.net/2263/92523

Normas AASHTO | Normas AASHTO en español. (s. f.). *ASTM Latinoamérica*. Recuperado 3 de febrero de 2026, de https://la.astm.org/es/standards/aashto/

NTP 339.135 Clasificacion Aashto | PDF. (s. f.). Recuperado 3 de febrero de 2026, de https://es.scribd.com/document/409187797/Ntp-339-135-Clasificacion-Aashto

Puerta, G. A. (s. f.). *Biblioteca UPC: Geotecnia: Normas o Estándares*. Recuperado 3 de febrero de 2026, de https://biblioteca.upc.edu.pe/geotecnia/normastecnicas

Urrieta Milla, K. G. (2020a). *Evaluación de la aplicación de agua de mar para mejorar el CBR de la subrasante afirmada – AA.HH. Tupac Amaru—Vegueta*.

Urrieta Milla, K. G. (2020b). *Evaluación de la aplicación de agua de mar para mejorar el CBR de la subrasante afirmada – AA.HH. Tupac Amaru—Vegueta*.

Anexos

ANEXOS

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

CUADRO DE RESUMEN - ESTUDIO DE CANTERAS

Muestra +Agua Potable Lab. Ficsa	Abrasión (%)	Granulometría				Clasificación		Limites		
		Pasa % N°4	Pasa % N°10	Pasa % N°40	Pasa % N°200	AASHTO	SUCS	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)
Cantera Tres Tomas	14.60%	68.16	54.38	29.23	11.82	A-2-4(0)	SP-SC/SM	24.34	19.39	4.95
Cantera Pátapo La Victoria	30.20%	89.48	78.85	40.29	11.03	A-2-4(0)	SP-SC	31.99	22.56	9.43
Cantera San Nicolás	25.70%	74.24	65.75	56.19	8.46	A-2-4(0)	SP-SC/SM	18.38	13.54	4.84

Muestra +Agua Playa San José	Abrasión (%)	Granulometría				Clasificación		Limites		
		Pasa % N°4	Pasa % N°10	Pasa % N°40	Pasa % N°200	AASHTO	SUCS	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)
Cantera Tres Tomas	14.60%	68.16	54.38	29.23	11.82	A-2-4(0)	SP-SC/SM	23.89	18.65	5.24
Cantera Pátapo La Victoria	30.20%	89.48	78.85	40.29	11.03	A-2-4(0)	SP-SC	30.14	21.81	8.33
Cantera San Nicolás	25.70%	74.24	65.75	56.19	8.46	A-2-4(0)	SP-SC/SM	18.59	13.98	4.61

Muestra +Agua Playa Pimentel	Abrasión (%)	Granulometría				Clasificación		Limites		
		Pasa % N°4	Pasa % N°10	Pasa % N°40	Pasa % N°200	AASHTO	SUCS	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)
Cantera Tres Tomas	14.60%	68.16	54.38	29.23	11.82	A-2-4(0)	SP-SC/SM	23.99	18.78	5.21
Cantera Pátapo La Victoria	30.20%	89.48	78.85	40.29	11.03	A-2-4(0)	SP-SC	30.24	21.97	8.27
Cantera San Nicolás	25.70%	74.24	65.75	56.19	8.46	A-2-4(0)	SP-SC/SM	18.54	13.87	4.67

CUADRO DE RESUMEN

MUESTRA	SALES (%)	SULFATOS(ppm)	CLORUROS(ppm)	PH
Playa San José	29760	11120	13385	6.69
Playa Pimentel	29632	13210	12897.1	6.67

MUESTRA	SALES (%)	SULFATOS (ppm)	CLORUROS(ppm)	PH
Cantera Tres Tomas	345.6	132	150.5	8.04
Cantera Pátapo La Victoria	192	71	89.4	7.86
Cantera San Nicolás	104.9	30.4	55.6	8.27

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 (ASTM D - 422)

MUESTRA	AFIRMADO CANTERA TRES TOMAS
PESO MUESTRA (gr)	5000
PESO MUESTRA SECA (gr)	4478.41
PESOS FINOS LAVADOS (gr)	521.59

TAMICES ASTM (pulg)	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PARCIAL RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA (%)
3"	75	-	-	-	100.00
2"	50	-	-	-	100.00
1 1/2"	38.1	-	-	-	100.00
1"	25	**161.05**	**3.22**	3.22	96.78
3/4"	19	**250.70**	**5.01**	8.24	91.77
1/2"	12.5	**426.38**	**8.53**	16.76	83.24
3/8"	9.5	**260.19**	**5.20**	21.97	78.03
N° 4	4.75	**493.78**	**9.88**	31.84	**68.16**
N° 10	2	**689.08**	13.78	45.62	54.38
N° 20	0.85	**738.86**	14.78	60.40	39.60
N° 40	0.425	**518.58**	10.37	70.77	29.23
N° 60	0.25	**311.75**	6.24	77.01	22.99
N° 100	0.15	**355.84**	7.12	84.12	15.88
N° 200	0.075	**202.77**	4.06	88.18	**11.82**
Platillo	-	**69.43**	1.39		
Platillo + Perdida por lavado		591.02	11.82	100.00	
		5,000.00	100.00		

FRACCIONES DEL SUELO (%)			
GRAVA	31.84	GRUESA	8.24
		FINA	23.61
ARENA	56.34	GRUESA	13.78
		MEDIA	25.15
		FINA	17.41
FINOS	11.82		

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

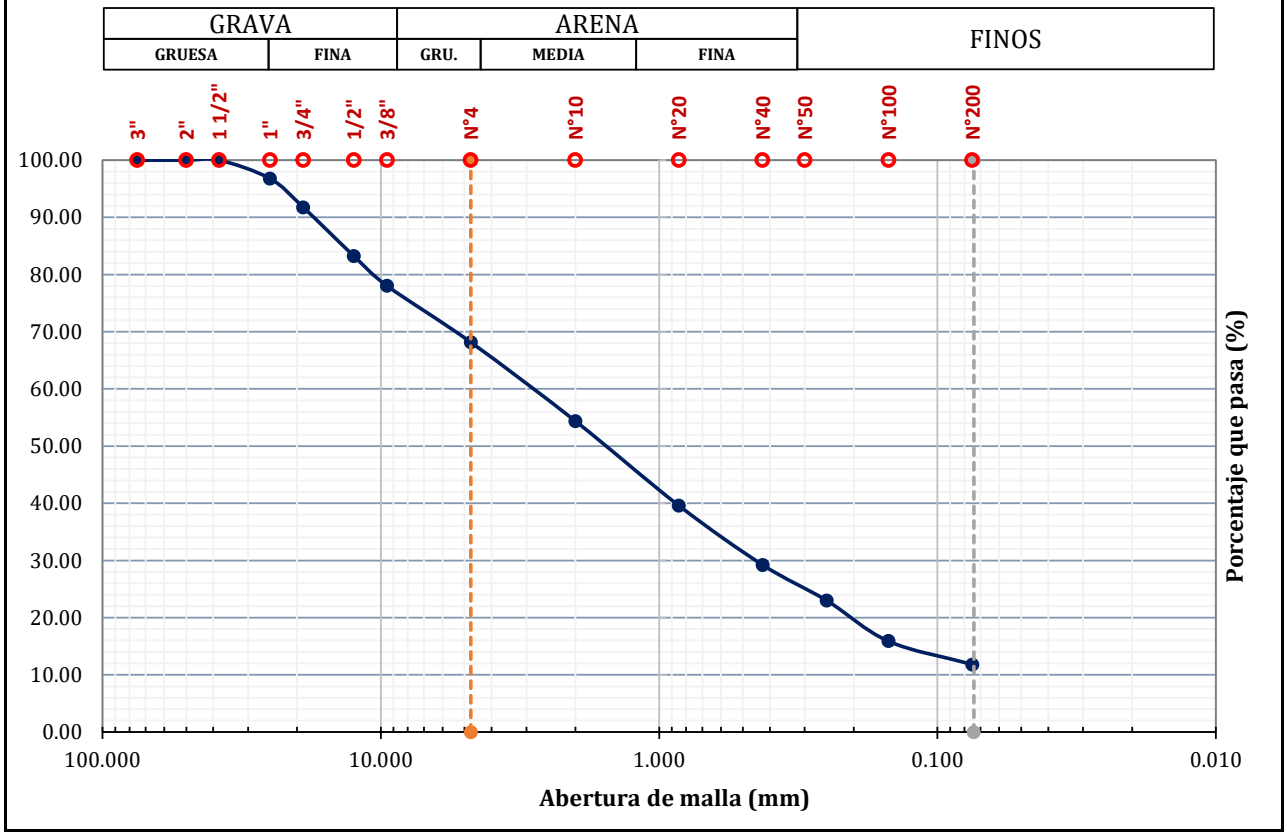
IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 (ASTM D - 422)

CURVA GRANULOMETRICA

MUESTRA	**AFIRMADO CANTERA TRES TOMAS**



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 (ASTM D - 422)

MUESTRA	AFIRMADO CANTERA SAN NICOLÁS
PESO MUESTRA (gr)	5000
PESO MUESTRA SECA (gr)	4642.28
PESOS FINOS LAVADOS (gr)	357.72

TAMICES ASTM (pulg)	APERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PARCIAL RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA (%)
3"	75	-	-	-	100.00
2"	50	-	-	-	100.00
1 1/2"	38.1	-	-	-	100.00
1"	25	**192.46**	3.85	3.85	96.15
3/4"	19	**188.91**	3.78	7.63	92.37
1/2"	12.5	**243.52**	4.87	12.50	87.50
3/8"	9.5	**189.26**	3.79	16.28	83.72
N° 4	4.75	**474.01**	9.48	25.76	**74.24**
N° 10	2	**424.12**	8.48	34.25	65.75
N° 20	0.85	**241.63**	4.83	39.08	60.92
N° 40	0.425	**236.38**	4.73	43.81	56.19
N° 60	0.25	**440.61**	8.81	52.62	47.38
N° 100	0.15	**1,467.83**	29.36	81.97	18.03
N° 200	0.075	**478.27**	9.57	91.54	**8.46**
Platillo	-	**65.28**	1.31		
Platillo + Perdida por lavado		423.00	8.46	100.00	
		5,000.00	100.00		

FRACCIONES DEL SUELO (%)			
GRAVA	25.76	GRUESA	7.63
		FINA	18.14
ARENA	65.78	GRUESA	8.48
		MEDIA	9.56
		FINA	47.73
FINOS	8.46		

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

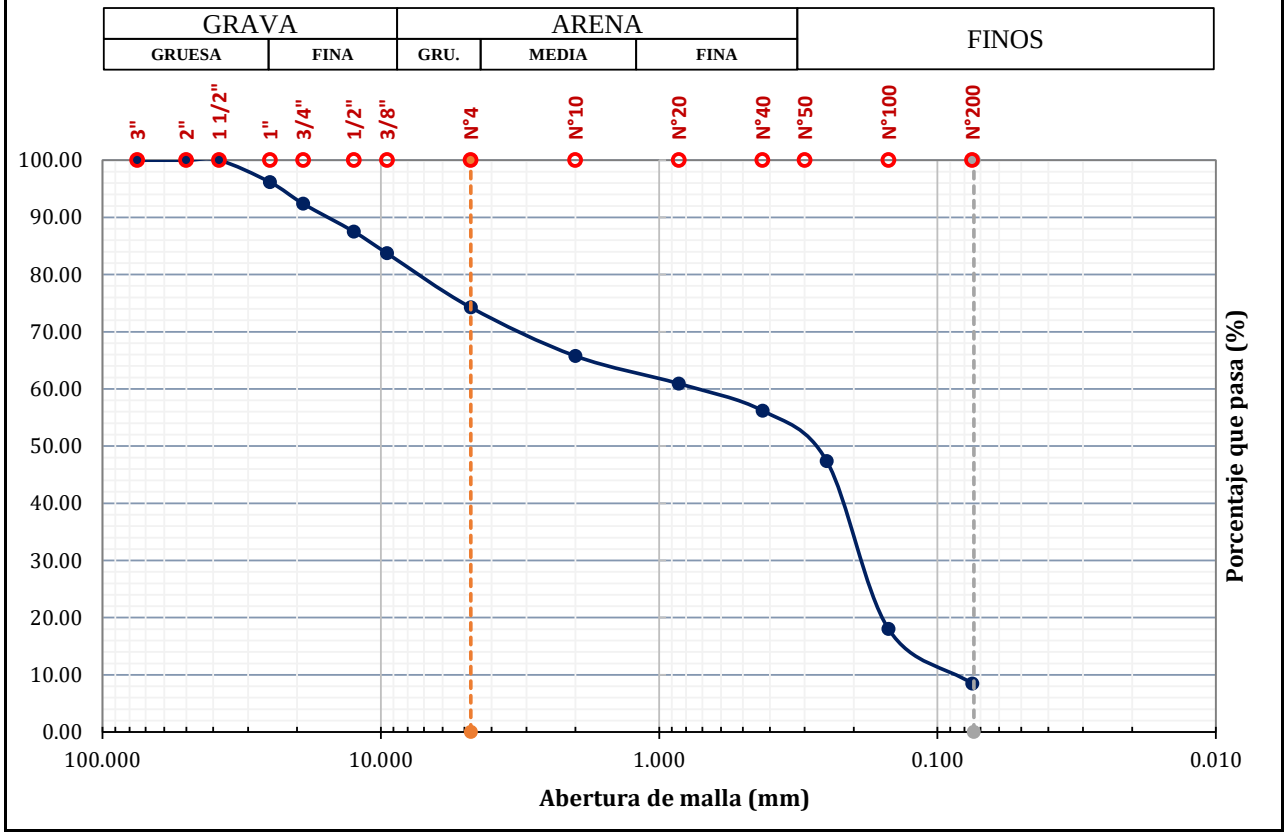
IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 (ASTM D - 422)

CURVA GRANULOMETRICA

MUESTRA	**AFIRMADO CANTERA SAN NICOLÁS**



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 (ASTM D - 422)

MUESTRA	AFIRMADO CANTERA PÁTAPO LA VICTORIA
PESO MUESTRA (gr)	3000
PESO MUESTRA SECA (gr)	2694.81
PESOS FINOS LAVADOS (gr)	305.19

TAMICES ASTM (pulg)	APERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PARCIAL RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA (%)
3"	75	-	-	-	100.00
2"	50	-	-	-	100.00
1 1/2"	38.1	-	-	-	100.00
1"	25	**42.20**	1.41	1.41	98.59
3/4"	19	**14.67**	0.49	1.90	98.10
1/2"	12.5	**55.98**	1.87	3.76	96.24
3/8"	9.5	**62.55**	2.09	5.85	94.15
N° 4	4.75	**140.27**	4.68	10.52	**89.48**
N° 10	2	**318.77**	10.63	21.15	78.85
N° 20	0.85	**626.55**	20.89	42.03	57.97
N° 40	0.425	**530.21**	17.67	59.71	40.29
N° 60	0.25	**280.67**	9.36	69.06	30.94
N° 100	0.15	**323.47**	10.78	79.84	20.16
N° 200	0.075	**273.87**	9.13	88.97	**11.03**
Platillo	-	**25.60**	0.85		
Platillo + Perdida por lavado		330.79	11.03	100.00	
		3,000.00	100.00		

FRACCIONES DEL SUELO (%)			
GRAVA	10.52	GRUESA	1.90
		FINA	8.63
ARENA	78.45	GRUESA	10.63
		MEDIA	38.56
		FINA	29.27
FINOS	11.03		

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

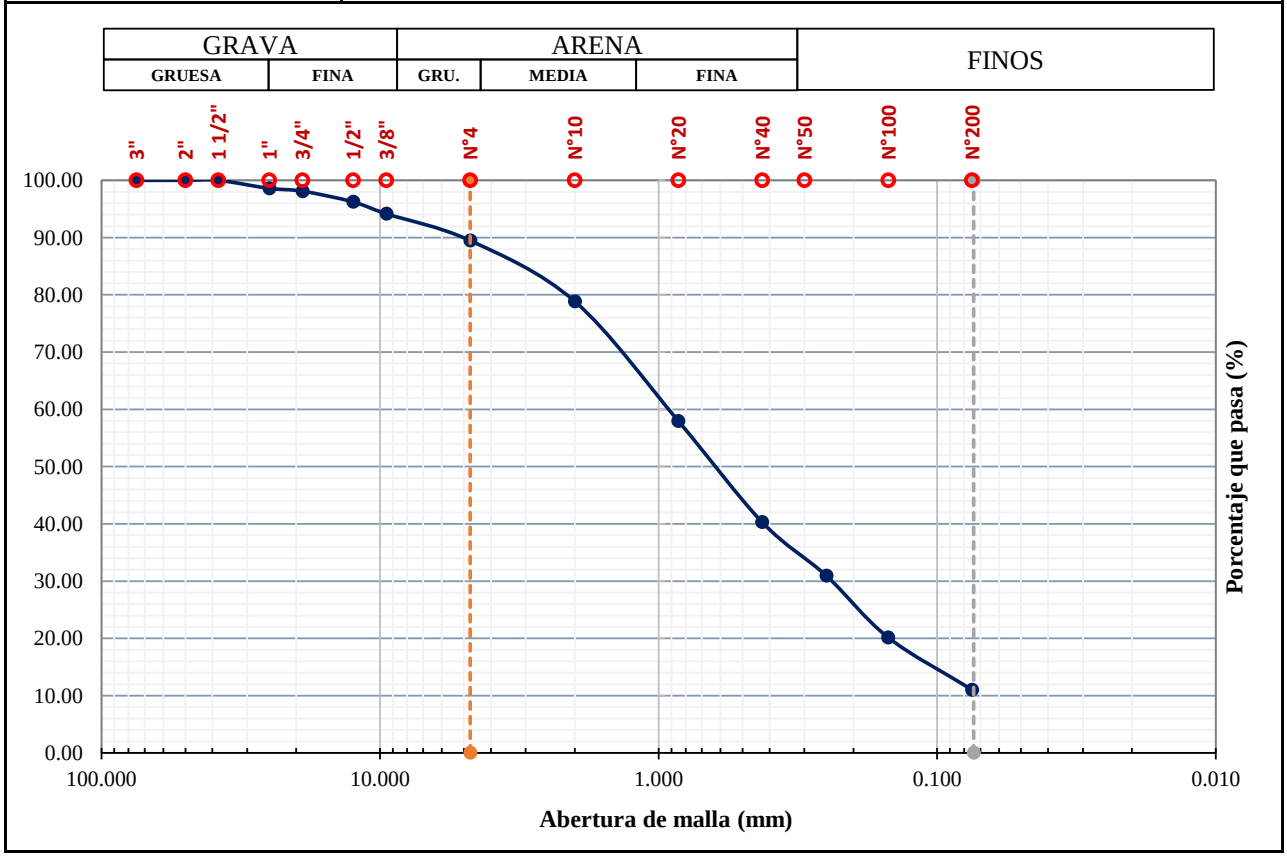
IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 (ASTM D - 422)

CURVA GRANULOMETRICA

MUESTRA	**AFIRMADO CANTERA PÁTAPO LA VICTORIA**



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.127 (ASTM D-2216)

MUESTRA DE LAS CANTERAS	TRES TOMAS	PÁTAPO LA VICTORIA	SAN NICOLÁS
CAPSULA N°	**20**	**10**	**30**
1.- Peso de la cápsula (gr)	**25.76**	**30.30**	**26.12**
2.- Peso S. Húmedo+ cápsula (gr)	**211.36**	**200.00**	**254.05**
3.- Peso S. Seco + cápsula (gr)	**207.39**	**195.38**	**249.60**
4.- Peso agua (gr) (2-3)	3.97	4.62	4.45
5.- Peso suelo seco (gr) (3-1)	181.63	165.08	223.48
6.- Contenido de humedad (%) (4/5)	**2.19%**	**2.80%**	**1.99%**

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

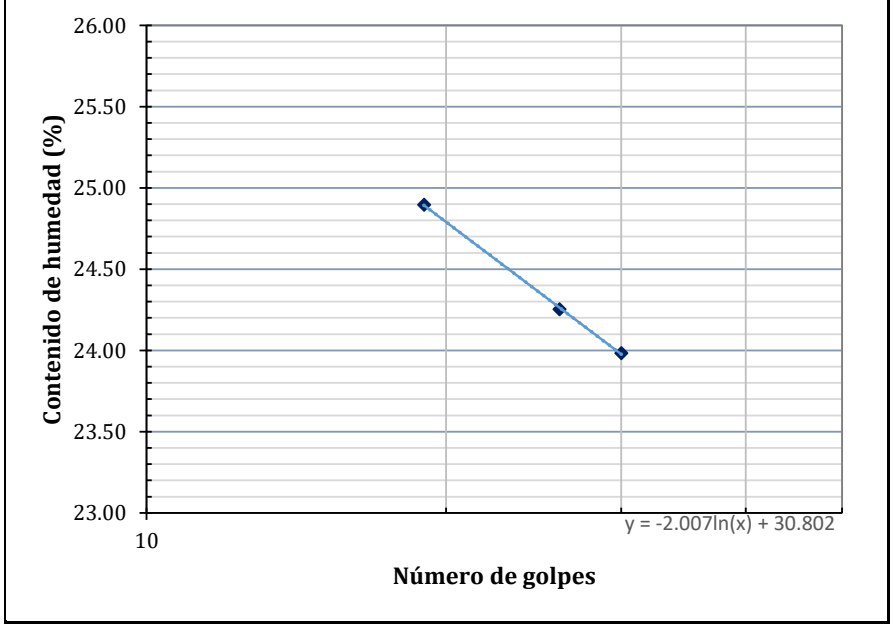
IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129 (ASTM D - 4318)

DATOS	LÍMITE LÍQUIDO			L. PLÁSTICO
	24.34			19.39
MUESTRA	CANTERA TRES TOMAS + AGUA POTABLE LABORATORIO DE SUELOS-FICSA			
CAPSULA N°	278	214	89	290
1.- Peso de la cápsula (gr)	13.87	14.71	13.87	14.95
2.- Peso suelo húmedo + cápsula (gr)	43.97	42.17	43.75	39.70
3.- Peso suelo seco + cápsula (gr)	37.97	36.81	37.97	35.68
4.- Peso agua (gr) (2-3)	6.00	5.36	5.78	4.02
5.- Peso suelo seco (gr) (3-1)	24.10	22.10	24.10	20.73
6.- Contenido de humedad (%) (4/5)	24.90	24.25	23.98	19.39%
N° de golpes	19	26	30	

CURVA DE FLUIDEZ



CANTERA TRES TOMAS + AGUA POTABLE LABORATORIO DE SUELOS-FICSA	
1.- Límite líquido	24.34
2.- Límite plástico	19.39
3.- Índice de plasticidad	4.95

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

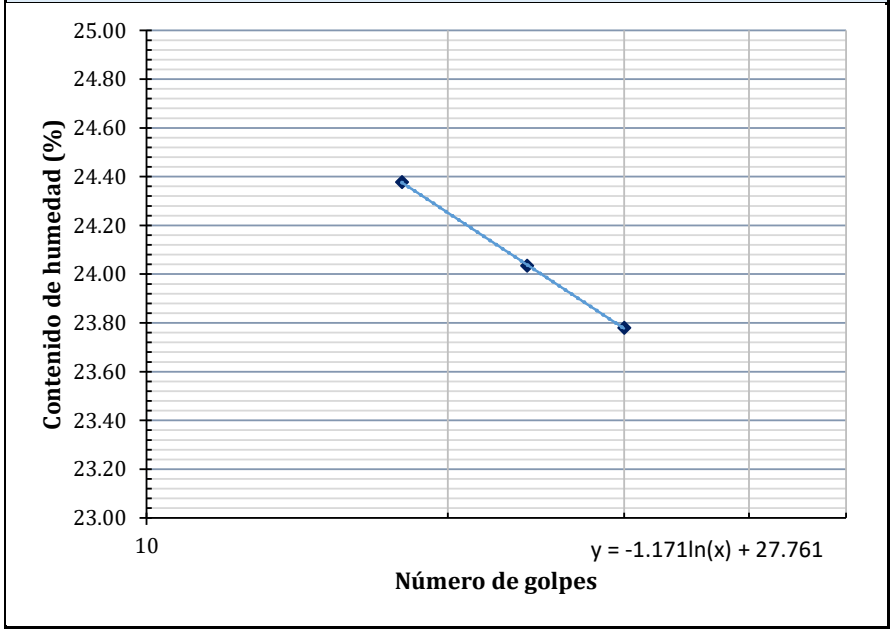
IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129 (ASTM D - 4318)

DATOS	LÍMITE LÍQUIDO			L. PLÁSTICO
	23.99			18.78
MUESTRA	CANTERA TRES TOMAS + AGUA DE LA PLAYA PIMENTEL			
CAPSULA N°	77	211	226	86
1.- Peso de la cápsula (gr)	13.84	13.84	14.04	14.03
2.- Peso suelo húmedo + cápsula (gr)	52.31	44.34	39.91	37.05
3.- Peso suelo seco + cápsula (gr)	44.77	38.43	34.94	33.41
4.- Peso agua (gr) (2-3)	7.54	5.91	4.97	3.64
5.- Peso suelo seco (gr) (3-1)	30.93	24.59	20.90	19.38
6.- Contenido de humedad (%) (4/5)	24.38	24.03	23.78	18.78%
N° de golpes	18	24	30	

CURVA DE FLUIDEZ



CANTERA TRES TOMAS + AGUA DE LA PLAYA PIMENTEL	
1.- Límite líquido	23.99
2.- Límite plástico	18.78
3.- Índice de plasticidad	5.21

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

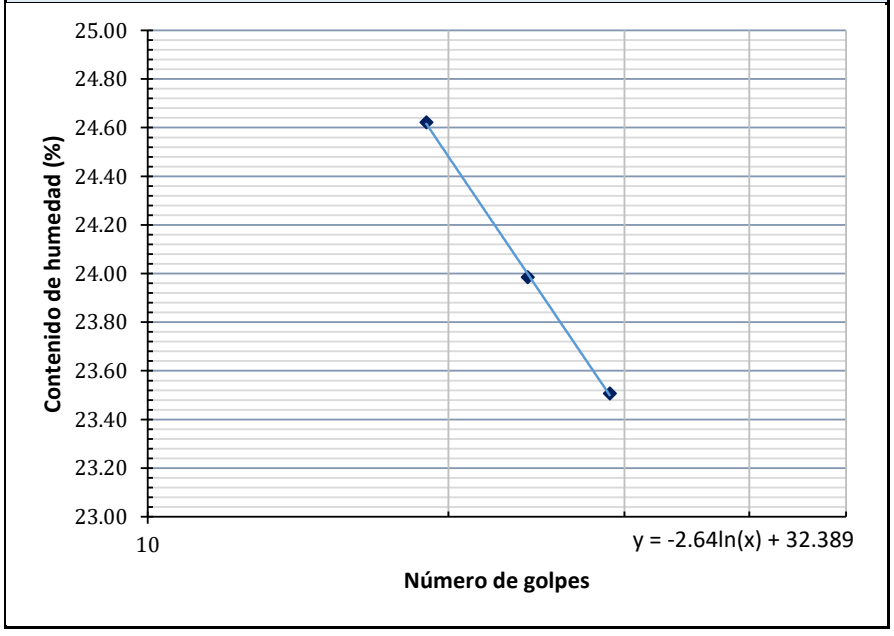
IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129 (ASTM D - 4318)

DATOS	LÍMITE LÍQUIDO			L. PLÁSTICO
	23.89			18.65
MUESTRA	CANTERA TRES TOMAS + AGUA DE LA PLAYA SAN JOSÉ			
CAPSULA N°	259	111	299	356
1.- Peso de la cápsula (gr)	13.77	14.26	12.50	14.00
2.- Peso suelo húmedo + cápsula (gr)	45.10	52.15	42.08	45.05
3.- Peso suelo seco + cápsula (gr)	38.91	44.82	36.45	40.17
4.- Peso agua (gr) (2-3)	6.19	7.33	5.63	4.88
5.- Peso suelo seco (gr) (3-1)	25.14	30.56	23.95	26.17
6.- Contenido de humedad (%) (4/5)	24.62	23.99	23.51	18.65%
N° de golpes	19	24	29	

CURVA DE FLUIDEZ



CANTERA TRES TOMAS + AGUA DE LA PLAYA SAN JOSÉ	
1.- Límite líquido	23.89
2.- Límite plástico	18.65
3.- Índice de plasticidad	5.24

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

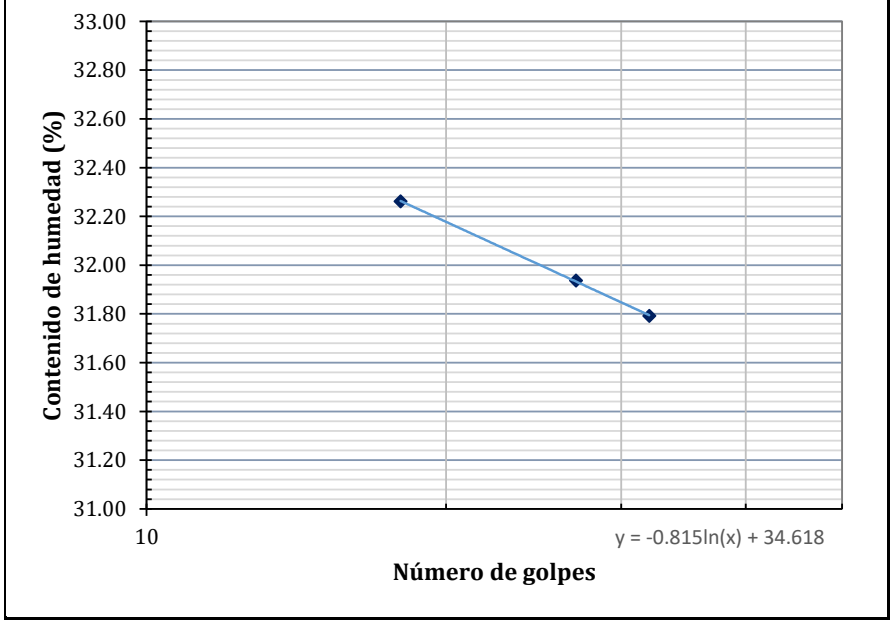
IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129 (ASTM D - 4318)

DATOS	LÍMITE LÍQUIDO			L. PLÁSTICO
	31.99			22.56
MUESTRA	CANTERA PÁTAPO LA VICTORIA+ AGUA POTABLE LABORATORIO DE SUELOS-FICSA			
CAPSULA N°	269	205	340	299
1.- Peso de la cápsula (gr)	13.82	14.24	14.60	14.58
2.- Peso suelo húmedo + cápsula (gr)	34.81	35.35	39.39	39.57
3.- Peso suelo seco + cápsula (gr)	29.69	30.24	33.41	34.97
4.- Peso agua (gr) (2-3)	5.12	5.11	5.98	4.60
5.- Peso suelo seco (gr) (3-1)	15.87	16.00	18.81	20.39
6.- Contenido de humedad (%) (4/5)	32.26	31.94	31.79	22.56%
N° de golpes	18	27	32	

CURVA DE FLUIDEZ



CANTERA PÁTAPO LA VICTORIA+ AGUA POTABLE LABORATORIO DE SUELOS-FICSA	
1.- Límite líquido	31.99
2.- Límite plástico	22.56
3.- Índice de plasticidad	9.43

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

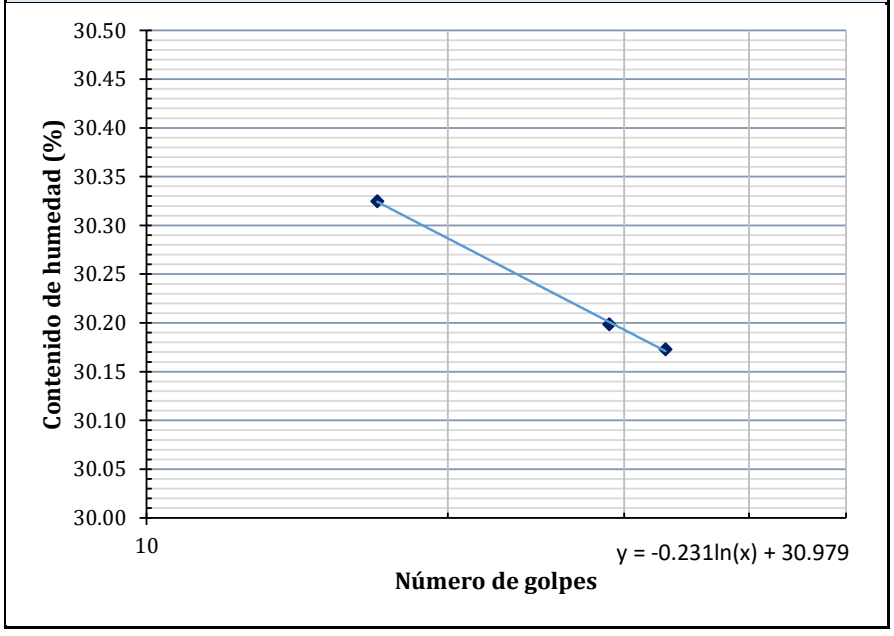
IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129 (ASTM D - 4318)

DATOS	LÍMITE LÍQUIDO			L. PLÁSTICO
	30.24			21.97
MUESTRA	CANTERA PÁTAPO LA VICTORIA + AGUA DE LA PLAYA PIMENTEL			
CAPSULA N°	362	241	377	111
1.- Peso de la cápsula (gr)	15.68	14.40	13.88	14.28
2.- Peso suelo húmedo + cápsula (gr)	39.36	39.32	35.71	40.48
3.- Peso suelo seco + cápsula (gr)	33.85	33.54	30.65	35.76
4.- Peso agua (gr) (2-3)	5.51	5.78	5.06	4.72
5.- Peso suelo seco (gr) (3-1)	18.17	19.14	16.77	21.48
6.- Contenido de humedad (%) (4/5)	30.32	30.20	30.17	21.97%
N° de golpes	17	29	33	

CURVA DE FLUIDEZ



CANTERA PÁTAPO LA VICTORIA+ AGUA DE LA PLAYA PIMENTEL	
1.- Límite líquido	30.24
2.- Límite plástico	21.97
3.- Índice de plasticidad	8.27

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

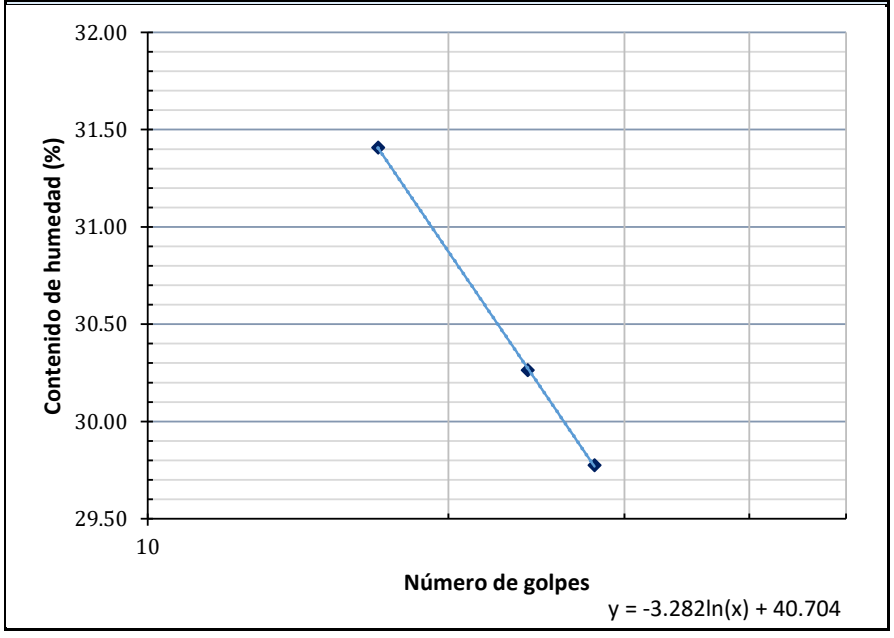
IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129 (ASTM D - 4318)

DATOS	LÍMITE LÍQUIDO			L. PLÁSTICO
	30.14			21.81
MUESTRA	CANTERA PÁTAPO LA VICTORIA + AGUA DE LA PLAYA SAN JOSÉ			
CAPSULA N°	314	356	224	284
1.- Peso de la cápsula (gr)	14.63	14.00	14.02	14.73
2.- Peso suelo húmedo + cápsula (gr)	35.80	40.60	34.81	36.29
3.- Peso suelo seco + cápsula (gr)	30.74	34.42	30.04	32.43
4.- Peso agua (gr) (2-3)	5.06	6.18	4.77	3.86
5.- Peso suelo seco (gr) (3-1)	16.11	20.42	16.02	17.70
6.- Contenido de humedad (%) (4/5)	31.41	30.26	29.78	21.81%
N° de golpes	17	24	28	

CURVA DE FLUIDEZ



CANTERA PÁTAPO LA VICTORIA+ AGUA DE LA PLAYA SAN JOSÉ	
1.- Límite líquido	30.14
2.- Límite plástico	21.81
3.- Índice de plasticidad	8.33

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

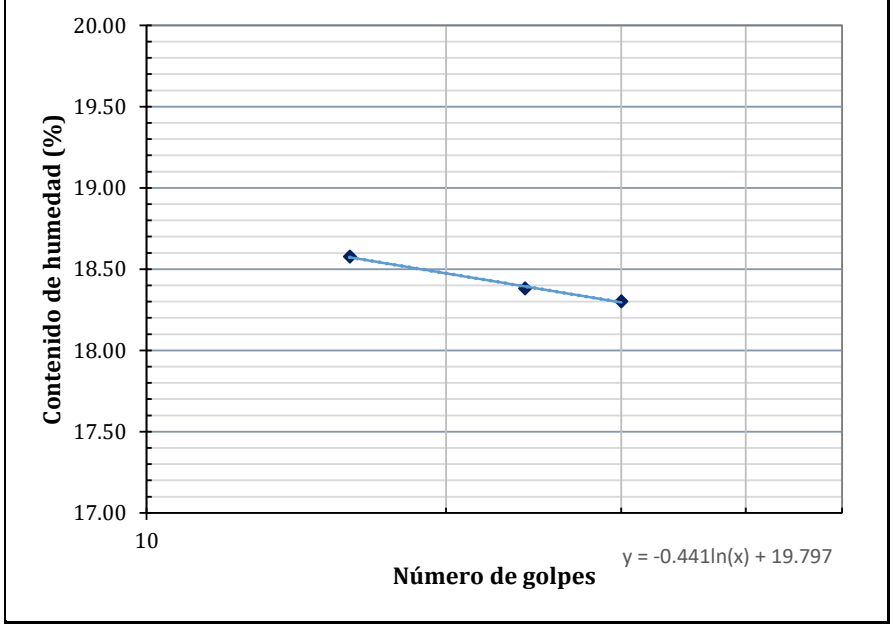
IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129 (ASTM D - 4318)

DATOS	LÍMITE LÍQUIDO			L. PLÁSTICO
	18.38			13.54
MUESTRA	CANTERA SAN NICOLÁS + AGUA POTABLE LABORATORIO DE SUELOS-FICSA			
CAPSULA N°	294	345	78	155
1.- Peso de la cápsula (gr)	14.92	13.67	14.05	14.97
2.- Peso suelo húmedo + cápsula (gr)	48.75	45.87	46.95	45.40
3.- Peso suelo seco + cápsula (gr)	43.45	40.87	41.86	41.77
4.- Peso agua (gr) (2-3)	5.30	5.00	5.09	3.63
5.- Peso suelo seco (gr) (3-1)	28.53	27.20	27.81	26.80
6.- Contenido de humedad (%) (4/5)	18.58	18.38	18.30	13.54%
N° de golpes	16	24	30	

CURVA DE FLUIDEZ



CANTERA SAN NICOLÁS + AGUA POTABLE LABORATORIO DE SUELOS-FICSA	
1.- Límite líquido	18.38
2.- Límite plástico	13.54
3.- Índice de plasticidad	4.84

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

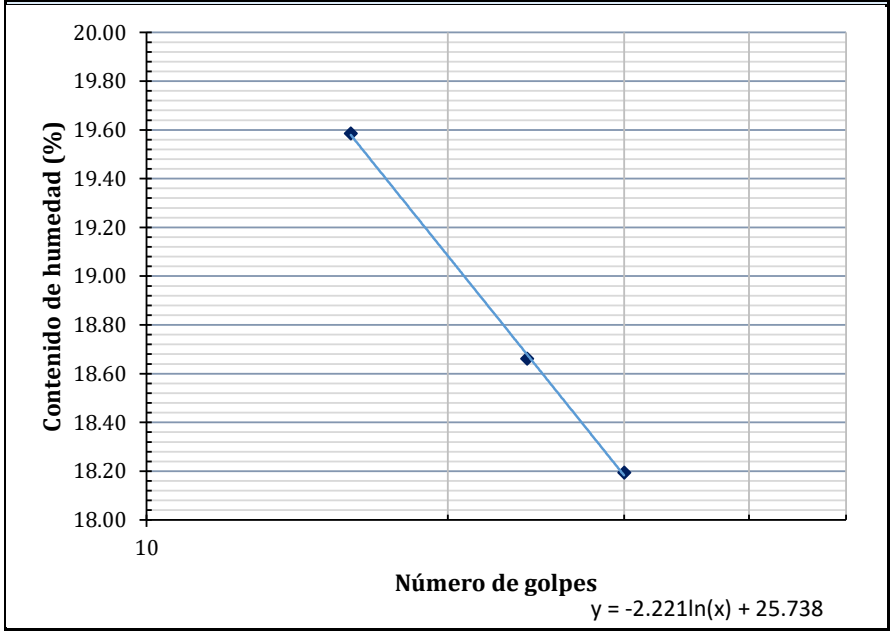
IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129 (ASTM D - 4318)

DATOS	LÍMITE LÍQUIDO			L. PLÁSTICO
	18.59			13.98
MUESTRA	CANTERA SAN NICOLÁS + AGUA DE LA PLAYA PIMENTEL			
CAPSULA N°	226	277	202	140
1.- Peso de la cápsula (gr)	14.04	14.31	14.15	14.65
2.- Peso suelo húmedo + cápsula (gr)	43.47	50.30	40.07	44.25
3.- Peso suelo seco + cápsula (gr)	38.65	44.64	36.08	40.62
4.- Peso agua (gr) (2-3)	4.82	5.66	3.99	3.63
5.- Peso suelo seco (gr) (3-1)	24.61	30.33	21.93	25.97
6.- Contenido de humedad (%) (4/5)	19.59	18.66	18.19	13.98%
N° de golpes	16	24	30	

CURVA DE FLUIDEZ



CANTERA SAN NICOLÁS+ AGUA DE LA PLAYA PIMENTEL	
1.- Límite líquido	18.59
2.- Límite plástico	13.98
3.- Índice de plasticidad	4.61

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

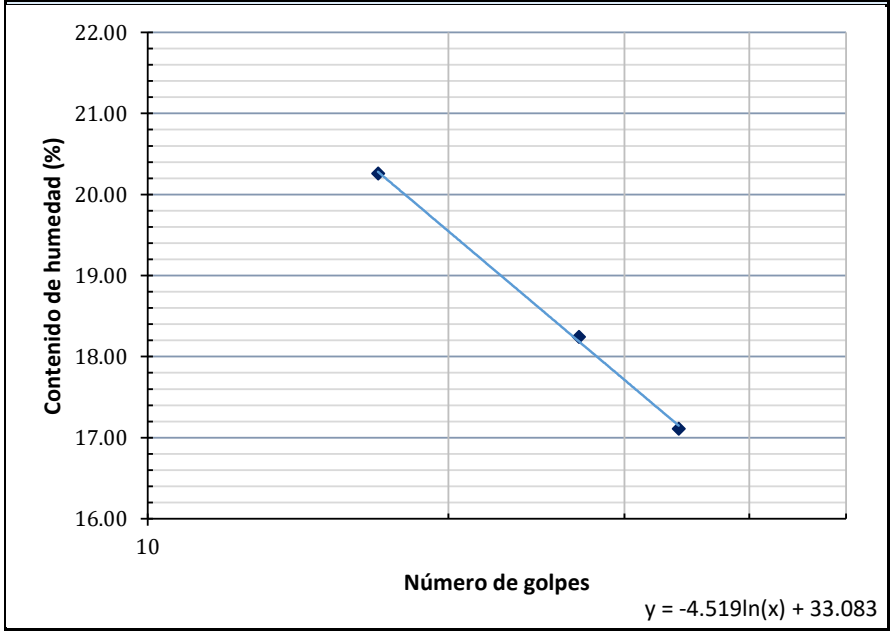
IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129 (ASTM D - 4318)

DATOS	LÍMITE LÍQUIDO			L. PLÁSTICO
	18.54			13.87
MUESTRA	CANTERA SAN NICOLÁS + AGUA DE LA PLAYA SAN JOSÉ			
CAPSULA N°	322	225	16	216
1.- Peso de la cápsula (gr)	15.39	14.69	13.86	13.93
2.- Peso suelo húmedo + cápsula (gr)	47.50	40.42	45.00	48.17
3.- Peso suelo seco + cápsula (gr)	42.09	36.45	40.45	44.00
4.- Peso agua (gr) (2-3)	5.41	3.97	4.55	4.17
5.- Peso suelo seco (gr) (3-1)	26.70	21.76	26.59	30.07
6.- Contenido de humedad (%) (4/5)	20.26	18.24	17.11	13.87%
N° de golpes	17	27	34	

CURVA DE FLUIDEZ



CANTERA SAN NICOLÁS + AGUA DE LA PLAYA SAN JOSÉ	
1.- Límite líquido	18.54
2.- Límite plástico	13.87
3.- Índice de plasticidad	4.67

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

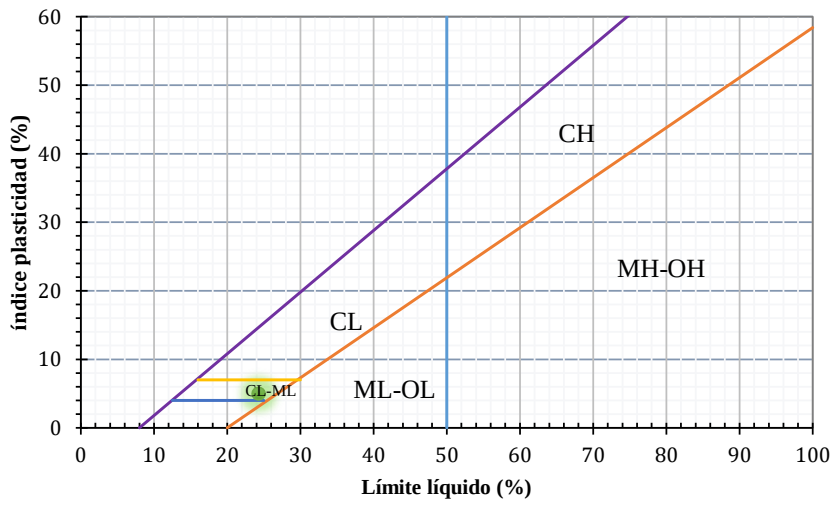
IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

CLASIFICACION DE SUELOS

SUCS - NTP 339.134 (ASTM D -2487)	
Símbolo de grupo	*Nombre de grupo*
SP-SC/SM	Arena limo-arcillosa pobremente gradada

CARTA DE PLASTICIDAD, ASTM D-2487



RESUMEN	
MUESTRA	**TRES TOMAS**
1.- Límite líquido	**24.34**
2.- Índice de plasticidad	**4.95**
TAMIZ	% PASA
N° 4	**68.16**
N° 10	**54.38**
N° 200	**11.82**
FRACCION DE SUELO (%)	
1.- Grava	**31.84**
2.- Arena	**56.34**
3.- Finos	**11.82**

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

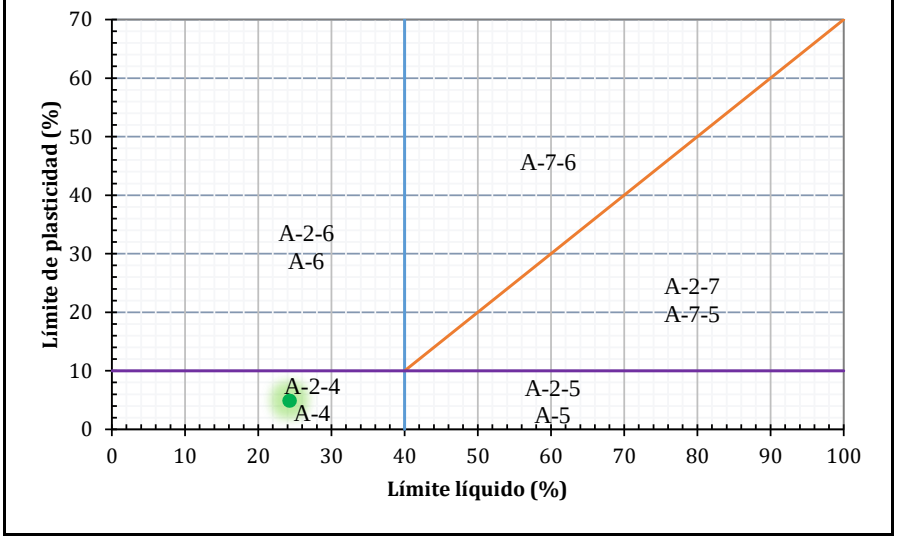
IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

CLASIFICACION DE SUELOS

AASHTO M 145 (ASTM D - 3282)	
Símbolo de grupo	*Nombre de grupo*
A-2-4 0	Grava y arena limosa o arcillosa

RANGO DEL LL - IP (A-2, A-4, A-5, A-6, A-7)



RESUMEN	
MUESTRA	TRES TOMAS
1.- Límite líquido	**24.34**
2.- Índice de plasticidad	**4.95**
TAMIZ	% PASA
N° 4	**68.16**
N° 10	**54.38**
N° 200	**11.82**
FRACCION DE SUELO (%)	
1.- Grava	**31.84**
2.- Arena	**56.34**
3.- Finos	**11.82**

INDICE DE GRUPO (IG)

$$IG = a[0.2 + 0.005c] + 0.01bd$$

a = Porcentaje que pasa por el tamiz número 200
b= Porcentaje que pasa por el tamiz número 200
c = Límite líquido
d = Índice de plasticidad

Letras	(%)	Rango	Ecuación	Límites
a	F	$(35-75)\%$	$\%F - 35\%$	$0-40$
b	F	$(15-55)\%$	$\%F - 15\%$	$0-40$
c	Ll	$(40-60)\%$	$Ll - 40\%$	$0-20$
d	Ip	$(10-30)\%$	$Ip - 10\%$	$0-20$

IG = - 2.66

IG= 0

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

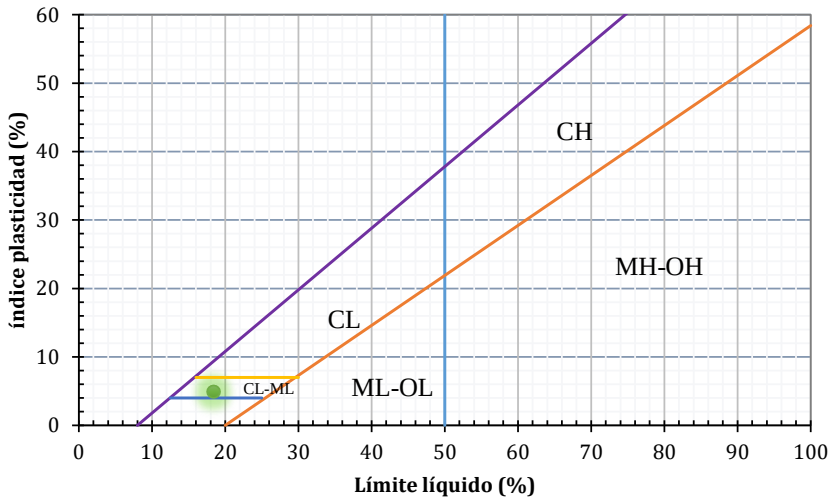
IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

CLASIFICACION DE SUELOS

SUCS - NTP 339.134 (ASTM D -2487)	
Símbolo de grupo	*Nombre de grupo*
SP-SC/SM	Arena limo -arcillosa pobremente gradada

CARTA DE PLASTICIDAD, ASTM D-2487



RESUMEN	
MUESTRA	**SAN NICOLÁS**
1.- Límite líquido	**18.38**
2.- Índice de plasticidad	**4.84**
TAMIZ	% PASA
N° 4	**74.24**
N° 10	**65.75**
N° 200	**8.46**
FRACCION DE SUELO (%)	
1.- Grava	**25.76**
2.- Arena	**65.78**
3.- Finos	**8.46**

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

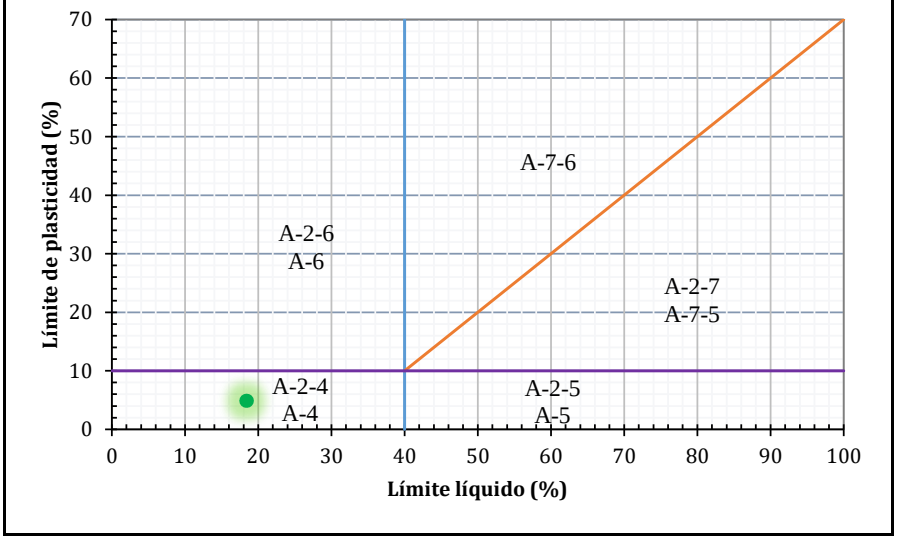
IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

CLASIFICACION DE SUELOS

AASHTO M 145 (ASTM D - 3282)	
Símbolo de grupo	*Nombre de grupo*
A-2-4 0	Grava y arena limosa o arcillosa

RANGO DEL LL - IP (A-2, A-4, A-5, A-6, A-7)



RESUMEN	
MUESTRA	SAN NICOLÁS
1.- Límite líquido	**18.38**
2.- Índice de plasticidad	**4.84**
TAMIZ	% PASA
N° 4	**74.24**
N° 10	**65.75**
N° 200	**8.46**
FRACCION DE SUELO (%)	
1.- Grava	**25.76**
2.- Arena	**65.78**
3.- Finos	**8.46**

INDICE DE GRUPO (IG)

$$IG = a[0.2 + 0.005c] + 0.01bd$$

a = Porcentaje que pasa por el tamiz número 200
b= Porcentaje que pasa por el tamiz número 200
c = Límite líquido
d = Índice de plasticidad

Letras	(%)	Rango	Ecuación	Límites
a	F	$(35-75)\%$	$\%F - 35\%$	$0-40$
b	F	$(15-55)\%$	$\%F - 15\%$	$0-40$
c	Ll	$(40-60)\%$	$Ll - 40\%$	$0-20$
d	Ip	$(10-30)\%$	$Ip - 10\%$	$0-20$

IG = - 2.10

IG= 0

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

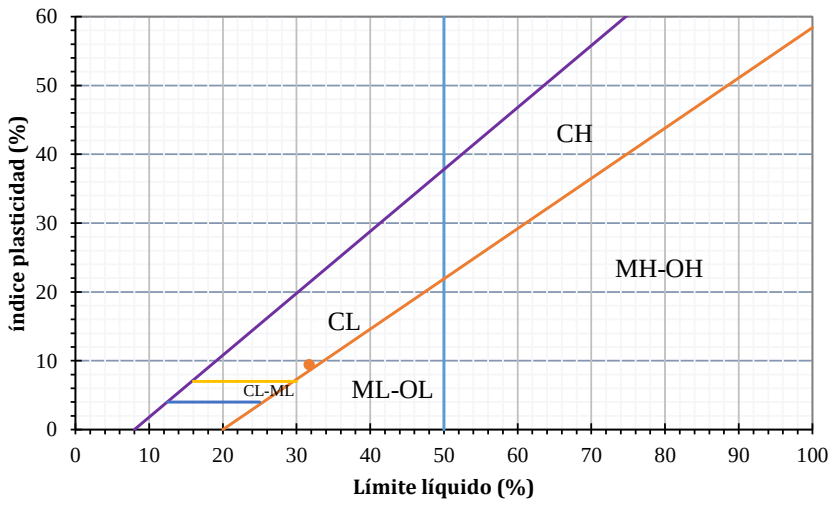
IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

CLASIFICACION DE SUELOS

SUCS - NTP 339.134 (ASTM D -2487)	
Símbolo de grupo	*Nombre de grupo*
SP-SC	Arena arcillosa pobremente gradada

CARTA DE PLASTICIDAD, ASTM D-2487



RESUMEN	
MUESTRA	**LA VICTORIA**
1.- Límite líquido	**31.99**
2.- Índice de plasticidad	**9.43**
TAMIZ	% PASA
N° 4	**89.48**
N° 10	**78.85**
N° 200	**11.03**
FRACCION DE SUELO (%)	
1.- Grava	**10.52**
2.- Arena	**78.45**
3.- Finos	**11.03**

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

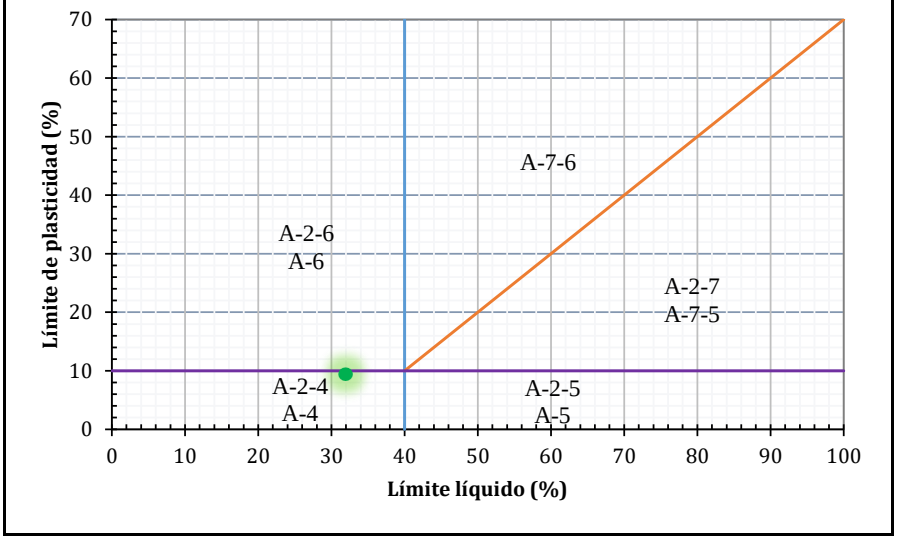
IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

CLASIFICACION DE SUELOS

AASHTO M 145 (ASTM D - 3282)	
Símbolo de grupo	*Nombre de grupo*
A-2-4 (0)	Grava y arena limosa o arcillosa

RANGO DEL LL - IP (A-2, A-4, A-5, A-6, A-7)



RESUMEN	
MUESTRA	LA VICTORIA
1.- Límite líquido	**31.99**
2.- Índice de plasticidad	**9.43**
TAMIZ	% PASA
N° 4	**89.48**
N° 10	**78.85**
N° 200	**11.03**
FRACCION DE SUELO (%)	
1.- Grava	**10.52**
2.- Arena	**78.45**
3.- Finos	**11.03**

INDICE DE GRUPO (IG)

IG = a[0.2 + 0.005c] + 0.01bd

a = Porcentaje que pasa por el tamiz número 200
b= Porcentaje que pasa por el tamiz número 200
c = Límite líquido
d = Índice de plasticidad

IG = -3.81
IG = 0

Letras	(%)	Rango	Ecuación	Límites
a	*F*	(35 – 75)%	%*F* – 35%	0 – 40
b	*F*	(15 – 55)%	%*F* – 15%	0 – 40
c	*Ll*	(40 – 60)%	*Ll* – 40%	0 – 20
d	*Ip*	(10 – 30)%	*Ip* – 10%	0 – 20

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

ABRASIÓN LOS ÁNGELES

MUESTRA		***CANTERA TRES TOMAS***
TAMIZ		GRADACIÓN
Que pasa	Que retiene	Tipo "A"
1 1/2"	1"	1250 gr
1"	3/4"	1250 gr
3/4"	1/2"	1250 gr
1/2"	3/8"	1250 gr
Número de esferas		12
Peso inicia (gr)		5000
Peso retenido en tamiz N°12		4270
Peso que pasa por tamiz N°12		730
Porcentaje de abrasión		**14.60%**

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

ABRASIÓN LOS ÁNGELES

MUESTRA		***CANTERA SAN NICOLÁS***
TAMIZ		GRADACIÓN
Que pasa	Que retiene	Tipo "C"
3/8"	1/4"	2500 gr
1/4"	3/8"	2500 gr
Número de esferas		8
Peso inicia (gr)		5000
Peso retenido en tamiz N°12		3715
Peso que pasa por tamiz N°12		1285
Porcentaje de abrasión		**25.70%**

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

ABRASIÓN LOS ÁNGELES

MUESTRA		***CANTERA TRES TOMAS***
TAMIZ		GRADACIÓN
Que pasa	Que retiene	Tipo "B"
1/2"	3/8"	5000 gr
Número de esferas		8
Peso inicia (gr)		5000
Peso retenido en tamiz N°12		3490
Peso que pasa por tamiz N°12		1510
Porcentaje de abrasión		**30.20%**

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Marzo del 2025
Fecha Termino: Marzo del 2025

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES - NTP 339.152

MUETRA DE AGUA DE PLAYAS	PLAYA PIMENTEL	PLAYA SAN JOSÉ
CAPSULA N°	**202**	**340**
1.- Peso de la cápsula (gr)	**14.15**	**14.58**
2.- Peso cápsula + P.agua + P.sal (gr)	**49.51**	**48.85**
3.- Peso cápsula + P.sal (gr)	**15.57**	**15.98**
4.- Peso sal (gr) (3-1)	1.42	1.40
5.- Peso agua (gr) (2-3)	33.94	32.87
6.- Contenido de sal (%) (4/5)	**4.18%**	**4.26%**

MUESTRA CANTERA TRES TOMAS	AGUA DESTILADA	PLAYA PIMENTEL	PLAYA SAN JOSÉ
CAPSULA N°	**345**	**282**	**211**
1.- Peso de la cápsula (gr)	**13.68**	**14.00**	**13.85**
2.- Peso cápsula + P.agua + P.sal (gr)	**32.69**	**33.74**	**34.06**
3.- Peso cápsula + P.sal (gr)	**13.68**	**14.78**	**14.63**
4.- Peso sal (gr) (3-1)	0.00	0.78	0.78
5.- Peso agua (gr) (2-3)	19.01	18.96	19.43
6.- Contenido de sal (%) (4/5)	**0.00%**	**4.11%**	**4.01%**

MUESTRA CANTERA PÁTAPO LA VICTORIA	AGUA DESTILADA	PLAYA PIMENTEL	PLAYA SAN JOSÉ
CAPSULA N°	**216**	**314**	**226**
1.- Peso de la cápsula (gr)	**13.92**	**14.63**	**14.04**
2.- Peso cápsula + P.agua + P.sal (gr)	**31.91**	**39.30**	**34.33**
3.- Peso cápsula + P.sal (gr)	**14.09**	**15.62**	**14.87**
4.- Peso sal (gr) (3-1)	0.17	0.99	0.83
5.- Peso agua (gr) (2-3)	17.82	23.68	19.46
6.- Contenido de sal (%) (4/5)	**0.95%**	**4.18%**	**4.27%**

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES - NTP 339.152

MUESTRA CANTERA SAN NICOLÁS	AGUA DESTILADA	PLAYA PIMENTEL	PLAYA SAN JOSÉ
CAPSULA N°	**289**	**288**	**55**
1.- Peso de la cápsula (gr)	**14.58**	**14.03**	**14.08**
2.- Peso cápsula + P.agua + P.sal (gr)	**31.81**	**36.02**	**34.35**
3.- Peso cápsula + P.sal (gr)	**14.59**	**14.90**	**14.90**
4.- Peso sal (gr) (3-1)	0.01	0.87	0.82
5.- Peso agua (gr) (2-3)	17.22	21.12	19.45
6.- Contenido de sal (%) (4/5)	**0.06%**	**4.12%**	**4.22%**

ESTUDIO DE PAVIMENTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE PAVIMENTOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Mayo del 2025

CUADRO DE RESUMEN - ESTUDIO DE PAVIMENTOS

MUESTRA	PRÓCTOR MODIFICADO		CBR
	Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	Humedad Óptima (%)	CBR 95% para 0.1"
AFIRMADO CANTERA TRES TOMAS +AGUA POTABLE DEL LABORATORIO FICSA	2.179	7.65	59.45
AFIRMADO CANTERA TRES TOMAS +AGUA DE LA PLAYA SAN JOSÉ	2.193	7.52	67.72
AFIRMADO CANTERA TRES TOMAS +AGUA DE LA PLAYA PIMENTEL	2.189	7.45	63.9
AFIRMADO CANTERA PÁTAPO LA VICTORIA +AGUA POTABLE DE LA FICSA	2.061	8.54	51.67
AFIRMADO CANTERA PÁTAPO LA VICTORIA +AGUA PLAYA SAN JOSÉ	2.076	8.43	57.70
AFIRMADO CANTERA PÁTAPO LA VICTORIA +AGUA PLAYA PIMENTEL	2.073	8.38	60.98
AFIRMADO CANTERA SAN NICOLÁS+AGUA POTABLE DEL LABORATORIO FICSA	2.129	8.88	54.76
AFIRMADO CANTERA SAN NICOLÁS +AGUA DE LA PLAYA SAN JOSÉ	2.151	9.35	61.64
AFIRMADO CANTERA SAN NICOLÁS+AGUA DE LA PLAYA PIMENTEL	2.141	9.39	59.04

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE PAVIMENTOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

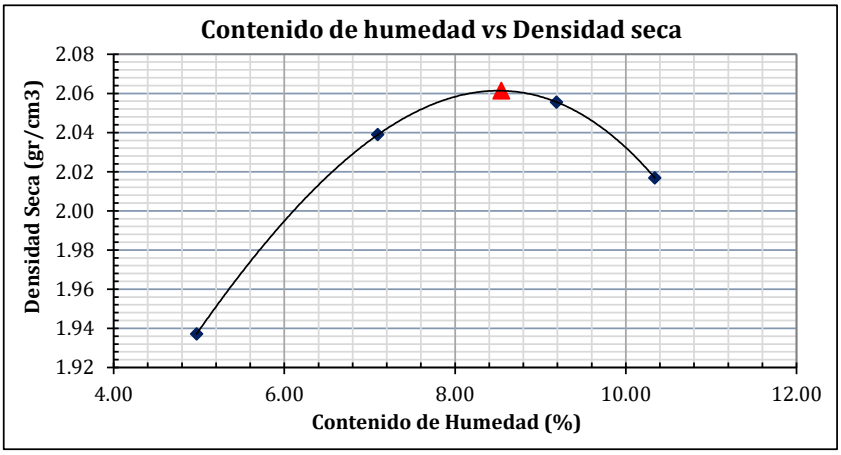
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO - ASTM D15157

MUESTRA	CANTERA PÁTAPO LA VICTORIA + AGUA POTABLE			
PRUEBA N°	1	2	3	4
1.- Volumen del molde (cm^3)	2151.09	2151.09	2151.09	2151.09
2.- Peso de molde + suelo compactado	7126	7449	7580	7539
3.- Peso de molde	2752	2752	2752	2752
4.- Peso del suelo compactado (2-3)	4374	4697	4828	4787
5.- Densidad húmeda	2.033	2.184	2.244	2.225
6.-Densidad seca	1.94	2.04	2.06	2.02

CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE N°	290	278	140	259
1.- Peso de la cápsula (gr)	14.95	13.86	14.65	13.50
2.- Peso suelo húmedo + cápsula (gr)	52.96	52.35	51.01	56.50
3.- Peso suelo seco + cápsula (gr)	51.16	49.80	47.95	52.47
4.- Peso agua (gr) (2-3)	1.80	2.55	3.06	4.03
5.- Peso suelo seco (gr) (3-1)	36.21	35.94	33.30	38.97
6.- Contenido de humedad (%) (4/5)	4.97	7.10	9.19	10.34

Máxima Densidad Seca
2.061 gr/cm3

Óptimo Contenido de Humedad
8.54 %



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE PAVIMENTOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

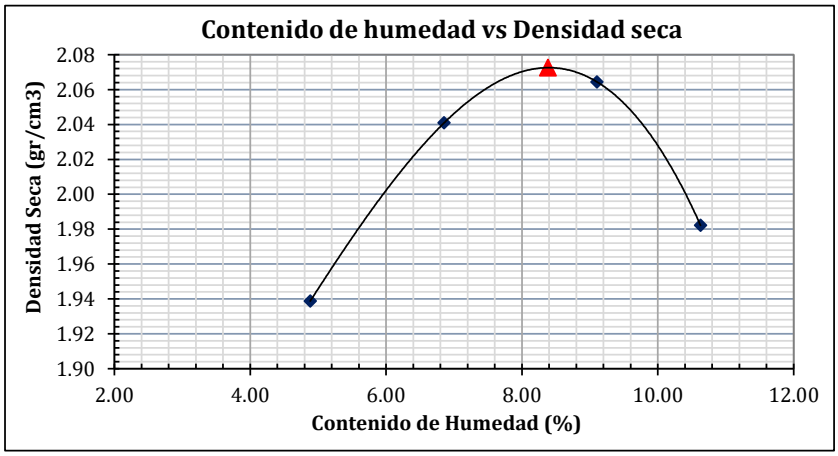
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO - ASTM D15157

MUESTRA	CANTERA PÁTAPO LA VICTORIA + AGUA PLAYA PIMENTEL			
PRUEBA N°	1	2	3	4
1.- Volumen del molde (cm^3)	2151.09	2151.09	2151.09	2151.09
2.- Peso de molde + suelo compactado	7126	7443	7597	7469
3.- Peso de molde	2752	2752	2752	2752
4.- Peso del suelo compactado (2-3)	4374	4691	4845	4717
5.- Densidad húmeda	2.033	2.181	2.252	2.193
6.-Densidad seca	1.94	2.04	2.06	1.98

CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE N°	225	294	269	377
1.- Peso de la cápsula (gr)	14.67	14.93	13.82	13.87
2.- Peso suelo húmedo + cápsula (gr)	55.70	55.00	56.00	55.40
3.- Peso suelo seco + cápsula (gr)	53.79	52.43	52.48	51.41
4.- Peso agua (gr) (2-3)	1.91	2.57	3.52	3.99
5.- Peso suelo seco (gr) (3-1)	39.12	37.50	38.66	37.54
6.- Contenido de humedad (%) (4/5)	4.88	6.85	9.11	10.63

Máxima Densidad Seca
2.073 gr/cm3

Óptimo Contenido de Humedad
8.38 %



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE PAVIMENTOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

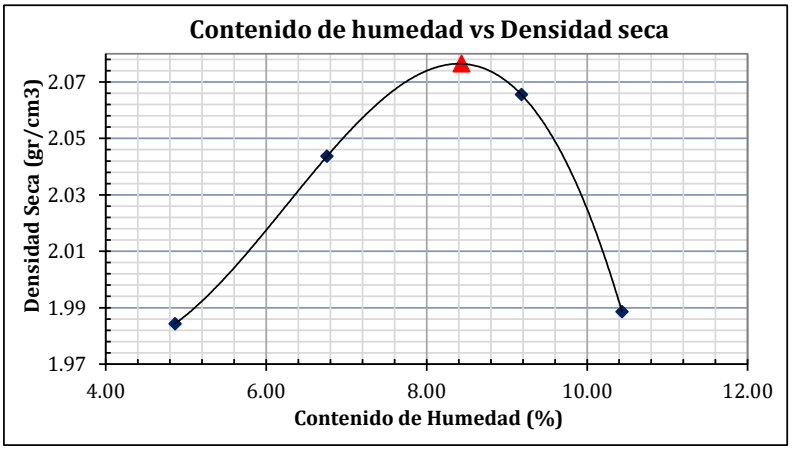
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO - ASTM D15157

MUESTRA	CANTERA PÁTAPO LA VICTORIA + AGUA PLAYA SAN JOSÉ			
PRUEBA N°	1	2	3	4
1.- Volumen del molde (cm^3)	2151.09	2151.09	2151.09	2151.09
2.- Peso de molde + suelo compactado	7228	7445	7603	7476
3.- Peso de molde	2752	2752	2752	2752
4.- Peso del suelo compactado (2-3)	4476	4693	4851	4724
5.- Densidad húmeda	2.081	2.182	2.255	2.196
6.-Densidad seca	1.98	2.04	2.07	1.99

CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE N°	289	269	377	225
1.- Peso de la cápsula (gr)	14.57	13.82	13.88	14.68
2.- Peso suelo húmedo + cápsula (gr)	60.50	57.43	55.98	57.65
3.- Peso suelo seco + cápsula (gr)	58.37	54.67	52.44	53.59
4.- Peso agua (gr) (2-3)	2.13	2.76	3.54	4.06
5.- Peso suelo seco (gr) (3-1)	43.80	40.85	38.56	38.91
6.- Contenido de humedad (%) (4/5)	4.86	6.76	9.18	10.43

Máxima Densidad Seca
2.076 gr/cm3

Óptimo Contenido de Humedad
8.43 %



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE PAVIMENTOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

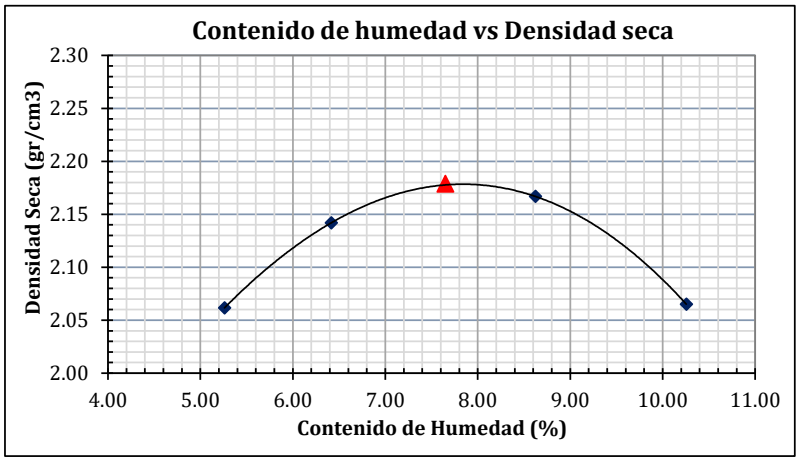
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO - ASTM D15157

MUESTRA	CANTERA TRES TOMAS + AGUA POTABLE			
PRUEBA N°	1	2	3	4
1.- Volumen del molde (cm^3)	2151.09	2151.09	2151.09	2151.09
2.- Peso de molde + suelo compactado	7420	7655	7815	7650
3.- Peso de molde	2752	2752	2752	2752
4.- Peso del suelo compactado (2-3)	4668	4903	5063	4898
5.- Densidad húmeda	2.170	2.279	2.354	2.277
6.-Densidad seca	2.06	2.14	2.17	2.07

CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE N°	259	294	356	290
1.- Peso de la cápsula (gr)	13.75	14.93	14.01	14.94
2.- Peso suelo húmedo + cápsula (gr)	65.78	62.54	60.87	56.87
3.- Peso suelo seco + cápsula (gr)	63.18	59.67	57.15	52.97
4.- Peso agua (gr) (2-3)	2.60	2.87	3.72	3.90
5.- Peso suelo seco (gr) (3-1)	49.43	44.74	43.14	38.03
6.- Contenido de humedad (%) (4/5)	5.26	6.41	8.62	10.26

Máxima Densidad Seca
2.179 gr/cm3

Óptimo Contenido de Humedad
7.65 %



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE PAVIMENTOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

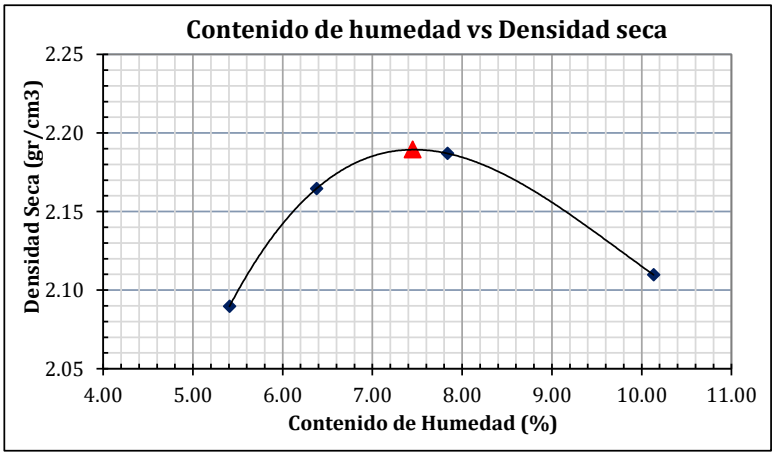
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO - ASTM D15157

MUESTRA	CANTERA TRES TOMAS + AGUA PLAYA PIMENTEL			
PRUEBA N°	1	2	3	4
1.- Volumen del molde (cm^3)	2151.09	2151.09	2151.09	2151.09
2.- Peso de molde + suelo compactado	7490	7705	7825	7750
3.- Peso de molde	2752	2752	2752	2752
4.- Peso del suelo compactado (2-3)	4738	4953	5073	4998
5.- Densidad húmeda	2.203	2.303	2.358	2.323
6.-Densidad seca	2.09	2.16	2.19	2.11

CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE N°	216	140	241	277
1.- Peso de la cápsula (gr)	13.92	14.65	14.41	14.30
2.- Peso suelo húmedo + cápsula (gr)	62.66	58.53	61.47	59.08
3.- Peso suelo seco + cápsula (gr)	60.16	55.90	58.05	54.96
4.- Peso agua (gr) (2-3)	2.50	2.63	3.42	4.12
5.- Peso suelo seco (gr) (3-1)	46.24	41.25	43.64	40.66
6.- Contenido de humedad (%) (4/5)	5.41	6.38	7.84	10.13

Máxima Densidad Seca
2.189 gr/cm3

Óptimo Contenido de Humedad
7.45 %



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE PAVIMENTOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

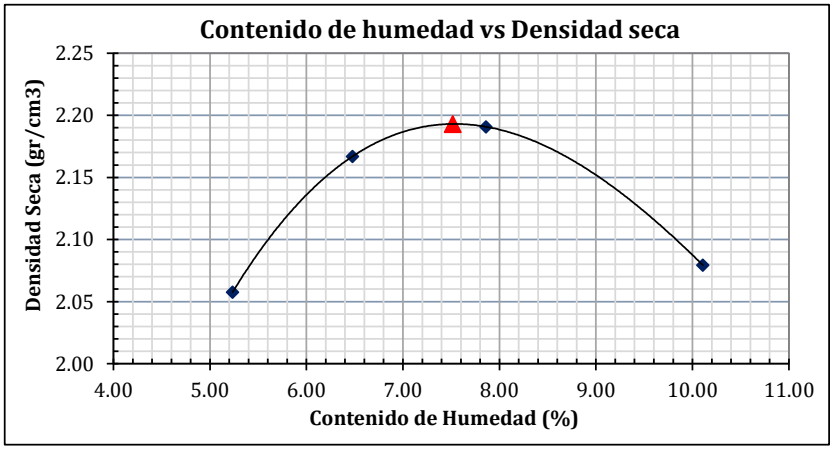
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO - ASTM D15157

MUESTRA	CANTERA TRES TOMAS + AGUA PLAYA SAN JOSÉ			
PRUEBA N°	1	2	3	4
1.- Volumen del molde (cm^3)	2151.09	2151.09	2151.09	2151.09
2.- Peso de molde + suelo compactado	7410	7715	7835	7677
3.- Peso de molde	2752	2752	2752	2752
4.- Peso del suelo compactado (2-3)	4658	4963	5083	4925
5.- Densidad húmeda	2.165	2.307	2.363	2.290
6.-Densidad seca	2.06	2.17	2.19	2.08

CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE N°	216	322	278	16
1.- Peso de la cápsula (gr)	14.71	15.39	13.87	14.30
2.- Peso suelo húmedo + cápsula (gr)	69.99	59.78	56.00	59.07
3.- Peso suelo seco + cápsula (gr)	67.24	57.08	52.93	54.96
4.- Peso agua (gr) (2-3)	2.75	2.70	3.07	4.11
5.- Peso suelo seco (gr) (3-1)	52.53	41.69	39.06	40.66
6.- Contenido de humedad (%) (4/5)	5.24	6.48	7.86	10.11

Máxima Densidad Seca
2.193 gr/cm3

Óptimo Contenido de Humedad
7.52 %



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE PAVIMENTOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

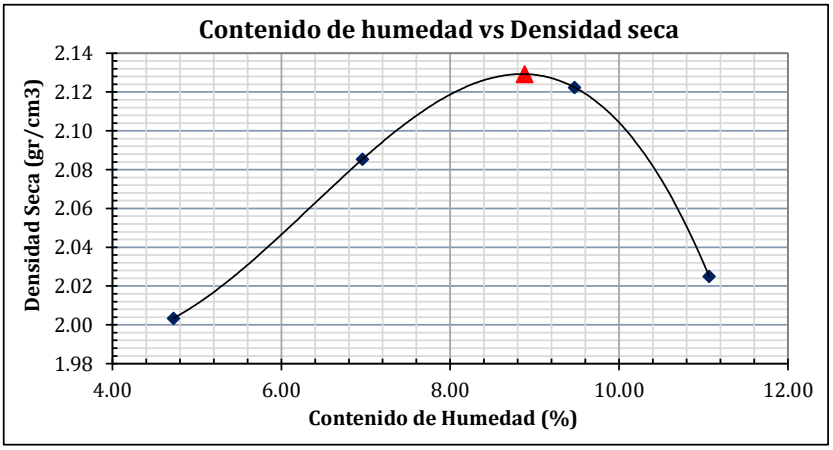
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO - ASTM D15157

MUESTRA	CANTERA SAN NICOLÁS + AGUA POTABLE			
PRUEBA N°	1	2	3	4
1.- Volumen del molde (cm^3)	2151.09	2151.09	2151.09	2151.09
2.- Peso de molde + suelo compactado	7265	7550	7750	7590
3.- Peso de molde	2752	2752	2752	2752
4.- Peso del suelo compactado (2-3)	4513	4798	4998	4838
5.- Densidad húmeda	2.098	2.230	2.323	2.249
6.-Densidad seca	2.00	2.09	2.12	2.03

CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE N°	140	284	356	277
1.- Peso de la cápsula (gr)	14.66	14.72	14.00	14.29
2.- Peso suelo húmedo + cápsula (gr)	59.90	59.90	60.58	63.37
3.- Peso suelo seco + cápsula (gr)	57.86	56.96	56.55	58.48
4.- Peso agua (gr) (2-3)	2.04	2.94	4.03	4.89
5.- Peso suelo seco (gr) (3-1)	43.20	42.24	42.55	44.19
6.- Contenido de humedad (%) (4/5)	4.72	6.96	9.47	11.07

Máxima Densidad Seca
2.129 gr/cm3

Óptimo Contenido de Humedad
8.88 %



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE PAVIMENTOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

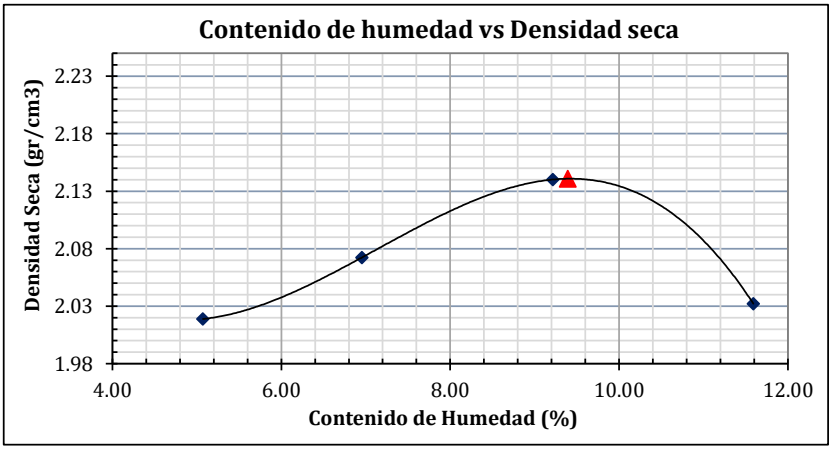
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO - ASTM D15157

MUESTRA	CANTERA SAN NICOLÁS + AGUA PIMENTEL			
PRUEBA N°	1	2	3	4
1.- Volumen del molde (cm^3)	2151.09	2151.09	2151.09	2151.09
2.- Peso de molde + suelo compactado	7315	7520	7780	7630
3.- Peso de molde	2752	2752	2752	2752
4.- Peso del suelo compactado (2-3)	4563	4768	5028	4878
5.- Densidad húmeda	2.121	2.217	2.337	2.268
6.-Densidad seca	2.02	2.07	2.14	2.03

CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE N°	85	294	86	278
1.- Peso de la cápsula (gr)	14.65	14.93	14.01	13.86
2.- Peso suelo húmedo + cápsula (gr)	64.79	65.06	65.79	67.68
3.- Peso suelo seco + cápsula (gr)	62.37	61.80	61.42	62.09
4.- Peso agua (gr) (2-3)	2.42	3.26	4.37	5.59
5.- Peso suelo seco (gr) (3-1)	47.72	46.87	47.41	48.23
6.- Contenido de humedad (%) (4/5)	5.07	6.96	9.22	11.59

Máxima Densidad Seca
2.141 gr/cm3

Óptimo Contenido de Humedad
9.39 %



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE PAVIMENTOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

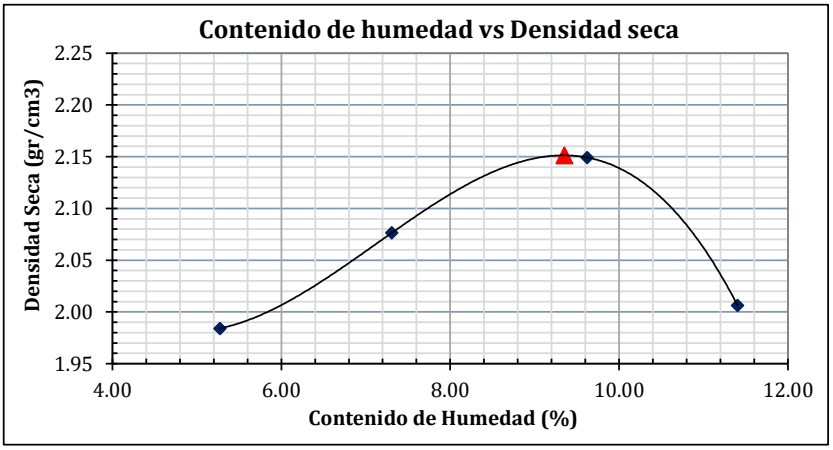
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO - ASTM D15157

MUESTRA	CANTERA SAN NICOLÁS + AGUA SAN JOSÉ			
PRUEBA N°	1	2	3	4
1.- Volumen del molde (cm^3)	2151.09	2151.09	2151.09	2151.09
2.- Peso de molde + suelo compactado	7245	7545	7820	7560
3.- Peso de molde	2752	2752	2752	2752
4.- Peso del suelo compactado (2-3)	4493	4793	5068	4808
5.- Densidad húmeda	2.089	2.228	2.356	2.235
6.-Densidad seca	1.98	2.08	2.15	2.01

CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE N°	225	241	16	89
1.- Peso de la cápsula (gr)	14.68	14.40	13.85	14.25
2.- Peso suelo húmedo + cápsula (gr)	62.60	60.80	61.12	62.41
3.- Peso suelo seco + cápsula (gr)	60.20	57.64	56.97	57.48
4.- Peso agua (gr) (2-3)	2.40	3.16	4.15	4.93
5.- Peso suelo seco (gr) (3-1)	45.52	43.24	43.12	43.23
6.- Contenido de humedad (%) (4/5)	5.27	7.31	9.62	11.40

Máxima Densidad Seca
2.151 gr/cm3

Óptimo Contenido de Humedad
9.35 %



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tisec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

ENSAYO DE CBR

GEOSINTETICO:
MÁXIMA DENSIDAD SECA: 2.129 gr/cm3
HUMEDAD ÓPTIMA: 8.88 %
CBR 0.95 MDS: 0.1" 54.76 %

CALCULO DE RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

CALICATA N°	**CANTERA SAN NICOLÁS + AGUA POTABLE**					
Molde N°	**7**		**8**		**9**	
Numero de capas	**5**		**5**		**5**	
Numero de golpes	**56**		**25**		**12**	
Condición de muestra	*NO SATURADO*	*SATURADO*	*NO SATURADO*	*SATURADO*	*NO SATURADO*	*SATURADO*
Peso de suelo + molde (gr)	**9,050**	**9,105**	**8,800**	**8,950**	**8,570**	**8,805**
Peso molde (gr)	**4,215**	**4,215**	**4,165**	**4,165**	**4,120**	**4,120**
Peso suelo compactado (gr)	4,835	4,890	4,635	4,785	4,450	4,685
Volumen del suelo (cm3)	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.239	2.265	2.146	2.216	2.061	2.170
Densidad seca (gr/cm3)	2.057	2.017	1.980	1.970	1.909	1.917

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr)	**13.68**	**14.23**	**14.30**	**14.29**	**13.88**	**13.93**
Tara + suelo húmedo (gr)	**66.06**	**63.73**	**67.60**	**67.59**	**62.81**	**69.37**
Tara + suelo seco(gr)	**61.80**	**58.32**	**63.46**	**61.67**	**59.21**	**62.92**
Peso de agua (gr)	4.26	5.41	4.14	5.92	3.60	6.45
Peso de suelo seco (gr)	48.12	44.09	49.16	47.38	45.33	48.99
Humedad (%)	8.85	12.27	8.42	12.49	7.94	13.17

EXPASIÓN

Fecha	*Hora*	*Tiempo*	*Lectura*	*Expansión*		*Lectura*	*Expansión*		*Lectura*	*Expansión*	
		Hr	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*
21/04/2025	12:00	0	**0.700**	0.000	0.000	**1.660**	0.000	0.000	**8.862**	0.000	0.000
22/04/2025	12:00	24	**0.709**	0.009	0.008	**1.675**	0.015	0.013	**8.890**	0.028	0.024
23/04/2025	12:00	48	**0.710**	0.010	0.008	**1.680**	0.020	0.017	**8.900**	0.038	0.032
24/04/2025	12:00	72	**0.712**	0.012	0.010	**1.689**	0.029	0.025	**8.920**	0.058	0.049
25/04/2025	12:00	96	**0.715**	0.015	0.013	**1.693**	0.033	0.028	**8.930**	0.068	0.058

CALCULO DE RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

Penetración		*Carga Standard*	*Molde N°*	*7*			*Molde N°*	*8*			*Molde N°*	*9*		
			Carga	*Corrección*			*Carga*	*Corrección*			*Carga*	*Corrección*		
(mm)	*(pulg.)*	*(lbs/pulg²)*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*
0.000	0.000		**0.0**	0	0		**0.0**	0	0		**0.0**	0	0	
0.640	0.025		**37.0**	454.42	151.47		**30.0**	385.26	128.42		**10.0**	187.66	62.55	
1.270	0.050		**89.0**	968.18	322.73		**73.0**	810.10	270.03		**47.0**	553.22	184.41	
1.910	0.075		**148.0**	1551.10	517.03		**109.0**	1165.78	388.59		**77.0**	849.62	283.21	
2.540	**0.100**	***1000***	**210.0**	2163.66	721.22	**72.12**	**155.0**	1620.26	540.09	**54.01**	**110.0**	1175.66	391.89	**39.19**
3.180	0.125		**241.0**	2469.94	823.31		**184.0**	1906.78	635.59		**131.0**	1383.14	461.05	
3.810	0.150		**278.0**	2835.50	945.17		**219.0**	2252.58	750.86		**164.0**	1709.18	569.73	
4.450	0.175		**313.0**	3181.30	1060.43		**263.0**	2687.30	895.77		**187.0**	1936.42	645.47	
5.080	**0.200**	***1500***	**359.0**	3635.78	1211.93	**80.80**	**275.0**	2805.86	935.29	**62.35**	**200.0**	2064.86	688.29	**45.89**
7.620	0.300		**414.0**	4179.18	1393.06		**334.0**	3388.78	1129.59		**234.0**	2400.78	800.26	
10.160	0.400		**459.0**	4623.78	1541.26		**357.0**	3616.02	1205.34		**257.0**	2628.02	876.01	
12.700	0.500		**490.0**	4930.06	1643.35		**381.0**	3853.14	1284.38		**277.0**	2825.62	941.87	

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tisec Gustavo Adolfo

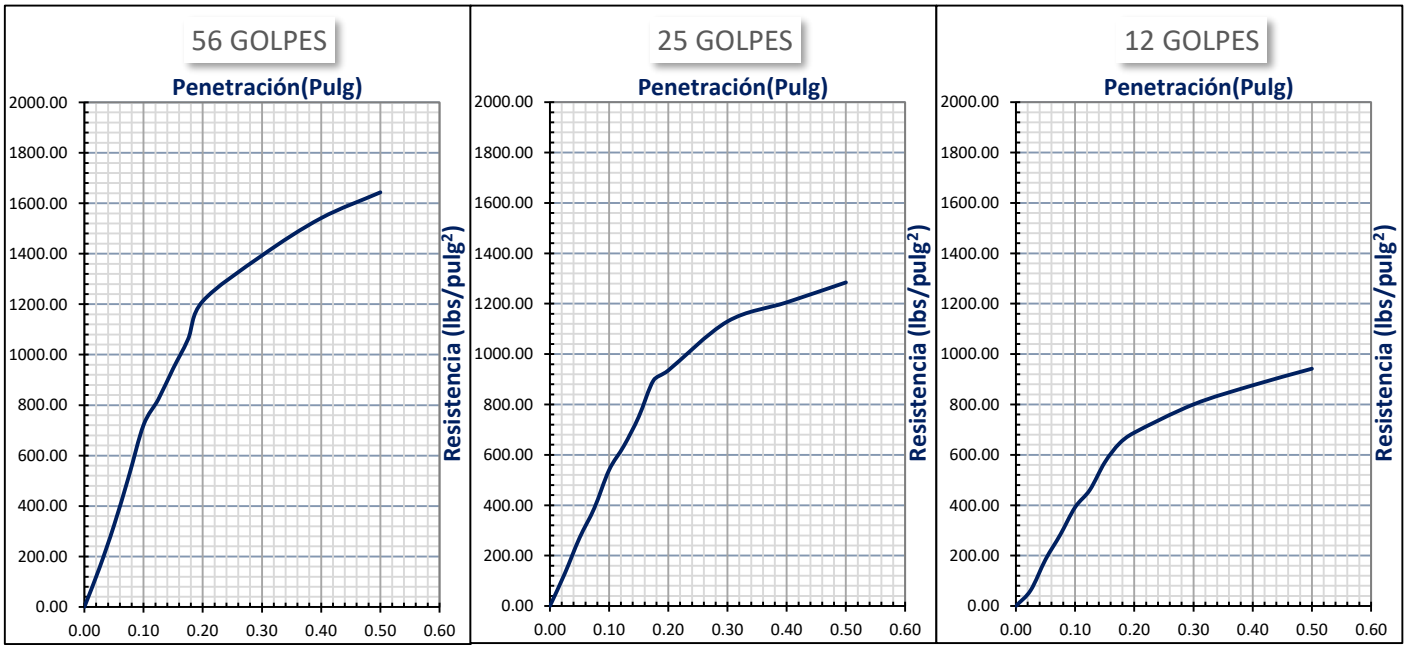
IV.- FECHA DE ENSAYO

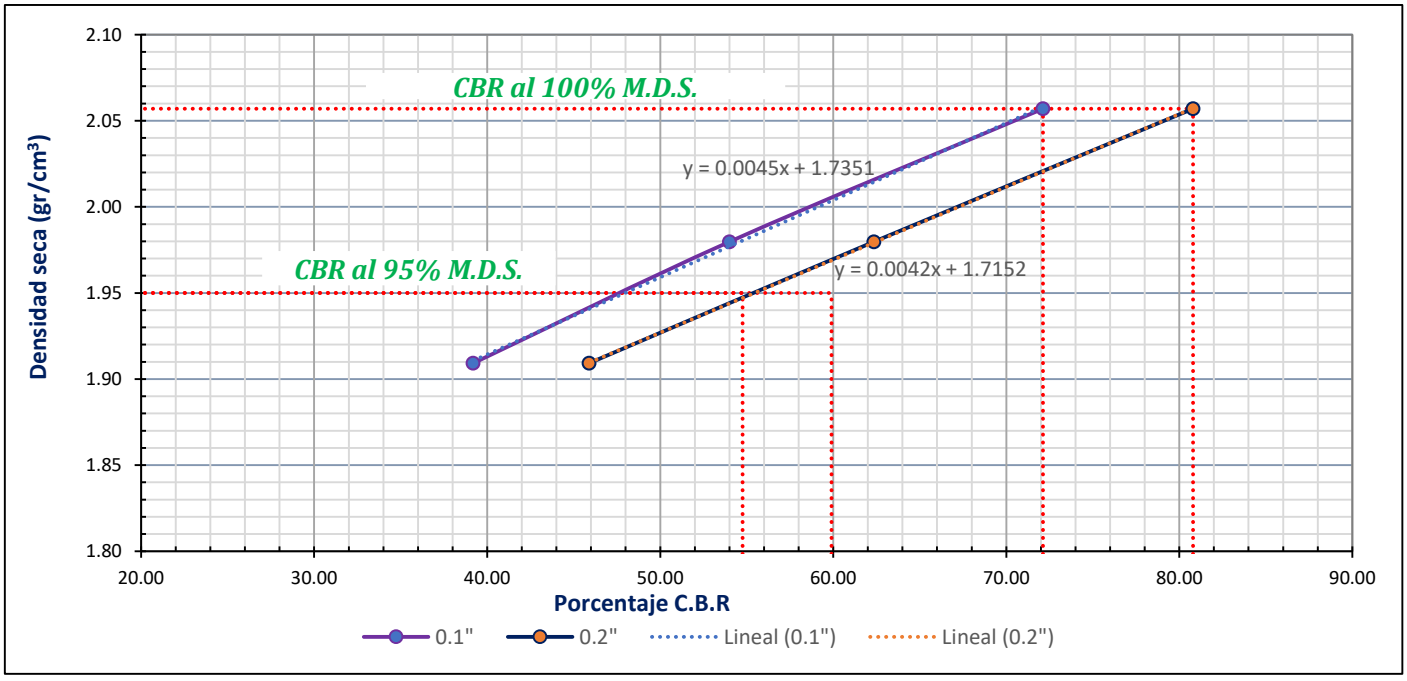
Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (ASTM D1883)

Humedad óptima (%)	8.88
Máxima Densidad Seca (gr/cm^3)	2.129
0.95% M.D.S	2.02

C.B.R.AL 100% : 01"	72.12
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	54.76
C.B.R.AL 100% : 02"	80.80
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	59.90





UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tisec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Mayo del 2025
Fecha Termino: Mayo del 2025

ENSAYO DE CBR

GEOSINTETICO:
MÁXIMA DENSIDAD SECA: 2.141 gr/cm3
HUMEDAD ÓPTIMA: 9.39 %
CBR 0.95 MDS: 0.1" 59.04 %

CALCULO DE RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)						
CALICATA N°	CANTERA SAN NICOLÁS + AGUA PLAYA PIMENTEL					
Molde N°	4		5		6	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de golpes	56		25		12	
Condición de muestra	*NO SATURADO*	*SATURADO*	*NO SATURADO*	*SATURADO*	*NO SATURADO*	*SATURADO*
Peso de suelo + molde (gr)	**9,185**	**9,200**	**8,860**	**8,950**	**8,700**	**8,870**
Peso molde (gr)	**4,135**	**4,135**	**4,130**	**4,130**	**4,260**	**4,260**
Peso suelo compactado (gr)	5,050	5,065	4,730	4,820	4,440	4,610
Volumen del suelo (cm3)	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.339	2.346	2.190	2.232	2.056	2.135
Densidad seca (gr/cm3)	2.138	2.109	2.016	1.997	1.901	1.901
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr)	**13.85**	**15.38**	**13.88**	**14.46**	**14.32**	**14.52**
Tara + suelo húmedo (gr)	**71.56**	**66.40**	**66.85**	**71.95**	**70.11**	**75.02**
Tara + suelo seco(gr)	**66.62**	**61.26**	**62.64**	**65.89**	**65.89**	**68.40**
Peso de agua (gr)	4.94	5.14	4.21	6.06	4.22	6.62
Peso de suelo seco (gr)	52.77	45.88	48.76	51.43	51.57	53.88
Humedad (%)	9.36	11.20	8.63	11.78	8.18	12.29

EXPASIÓN

Fecha	*Hora*	*Tiempo*	*Lectura*	*Expansión*		*Lectura*	*Expansión*		*Lectura*	*Expansión*	
		Hr	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*
12/05/2025	12:00	0	**6.722**	0.000	0.000	**9.370**	0.000	0.000	**10.220**	0.000	0.000
13/05/2025	12:00	24	**6.781**	0.059	0.050	**9.402**	0.032	0.027	**10.228**	0.008	0.007
14/05/2025	12:00	48	**6.850**	0.128	0.108	**9.420**	0.050	0.042	**10.261**	0.041	0.035
15/05/2025	12:00	72	**6.892**	0.170	0.144	**9.491**	0.121	0.103	**10.412**	0.192	0.163
16/05/2025	12:00	96	**6.904**	0.182	0.154	**9.569**	0.199	0.169	**10.590**	0.370	0.314

CALCULO DE RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

Penetración		*Carga Standard*	*Molde N°*	*4*			*Molde N°*	*5*			*Molde N°*	*6*		
			Carga	*Corrección*			*Carga*	*Corrección*			*Carga*	*Corrección*		
(mm)	*(pulg.)*	*(lbs/pulg²)*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*
0.000	0.000		**0.0**	0	0		**0.0**	0	0		**0.0**	0	0	
0.640	0.025		**44.0**	523.58	174.53		**37.0**	454.42	151.47		**18.0**	266.70	88.90	
1.270	0.050		**96.0**	1037.34	345.78		**81.0**	889.14	296.38		**55.0**	632.26	210.75	
1.910	0.075		**155.0**	1620.26	540.09		**116.0**	1234.94	411.65		**85.0**	928.66	309.55	
2.540	**0.100**	***1000***	**217.0**	2232.82	744.27	**74.43**	**162.0**	1689.42	563.14	**56.31**	**117.0**	1244.82	414.94	**41.49**
3.180	0.125		**248.0**	2539.10	846.37		**192.0**	1985.82	661.94		**139.0**	1462.18	487.39	
3.810	0.150		**285.0**	2904.66	968.22		**227.0**	2331.62	777.21		**172.0**	1788.22	596.07	
4.450	0.175		**321.0**	3260.34	1086.78		**250.0**	2558.86	852.95		**195.0**	2015.46	671.82	
5.080	**0.200**	***1500***	**366.0**	3704.94	1234.98	**82.33**	**279.0**	2845.38	948.46	**63.23**	**207.0**	2134.02	711.34	**47.42**
7.620	0.300		**421.0**	4248.34	1416.11		**342.0**	3467.82	1155.94		**241.0**	2469.94	823.31	
10.160	0.400		**467.0**	4702.82	1567.61		**365.0**	3695.06	1231.69		**264.0**	2697.18	899.06	
12.700	0.500		**501.0**	5038.74	1679.58		**389.0**	3932.18	1310.73		**286.0**	2914.54	971.51	

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tisec Gustavo Adolfo

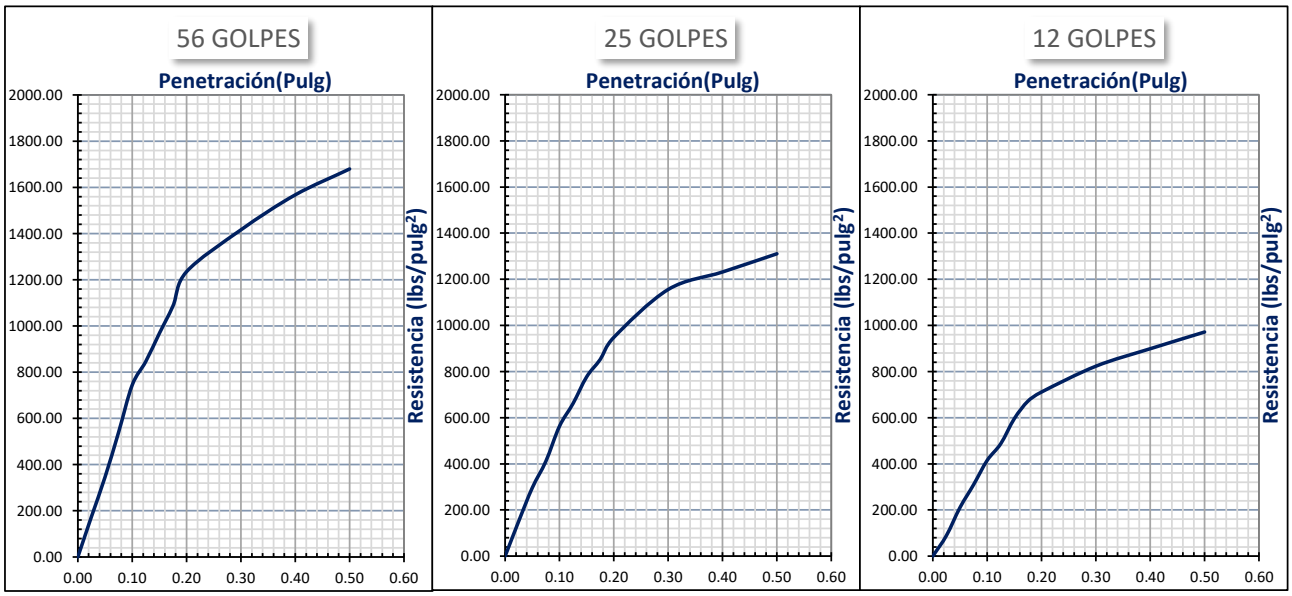
IV.- FECHA DE ENSAYO

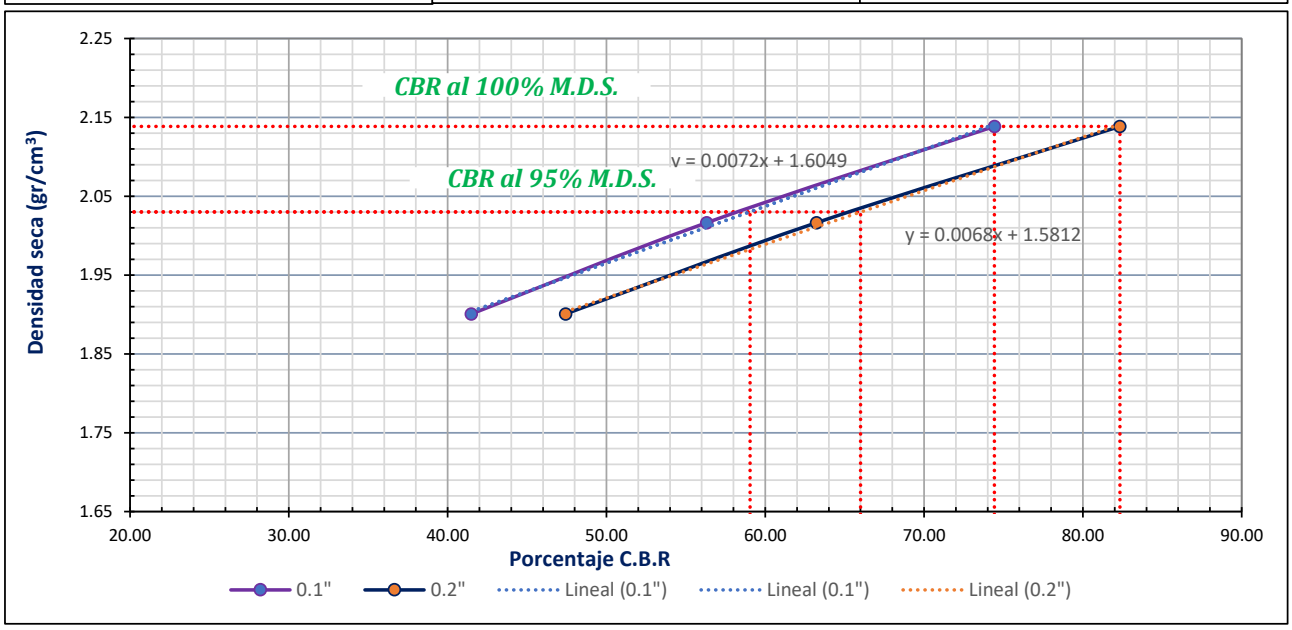
Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (ASTM D1883)

Humedad óptima (%)	9.39
Máxima Densidad Seca (gr/cm^3)	2.141
0.95% M.D.S	2.03

C.B.R.AL 100% : 01"	74.43
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	59.04
C.B.R.AL 100% : 02"	82.33
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	66.00





UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tisec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Mayo del 2025
Fecha Termino: Mayo del 2025

ENSAYO DE CBR

GEOSINTETICO:
MÁXIMA DENSIDAD SECA: 2.151 gr/cm3
HUMEDAD ÓPTIMA: 9.35 %
CBR 0.95 MDS: 0.1" 61.64 %

CALCULO DE RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)						
CALICATA N°	CANTERA SAN NICOLÁS + AGUA PLAYA SAN JOSÉ					
Molde N°	1		2		3	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de golpes	56		25		12	
Condición de muestra	*NO SATURADO*	*SATURADO*	*NO SATURADO*	*SATURADO*	*NO SATURADO*	*SATURADO*
Peso de suelo + molde (gr)	**9,250**	**9,285**	**8,865**	**8,955**	**8,705**	**8,875**
Peso molde (gr)	**4,160**	**4,160**	**4,145**	**4,145**	**4,235**	**4,235**
Peso suelo compactado (gr)	5,090	5,125	4,720	4,810	4,470	4,640
Volumen del suelo (cm3)	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.357	2.373	2.186	2.228	2.070	2.149
Densidad seca (gr/cm3)	2.156	2.135	2.013	1.993	1.913	1.914
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr)	**13.83**	**15.36**	**13.86**	**14.44**	**14.30**	**14.50**
Tara + suelo húmedo (gr)	**71.57**	**66.41**	**66.86**	**71.96**	**70.12**	**75.03**
Tara + suelo seco(gr)	**66.64**	**61.28**	**62.66**	**65.91**	**65.89**	**68.42**
Peso de agua (gr)	4.93	5.13	4.20	6.05	4.23	6.61
Peso de suelo seco (gr)	52.81	45.92	48.80	51.47	51.59	53.92
Humedad (%)	9.34	11.17	8.61	11.75	8.20	12.26

EXPASIÓN

Fecha	*Hora*	*Tiempo*	*Lectura*	*Expansión*		*Lectura*	*Expansión*		*Lectura*	*Expansión*	
		Hr	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*
19/05/2025	12:00	0	**5.722**	0.000	0.000	**8.370**	0.000	0.000	**9.220**	0.000	0.000
20/05/2025	12:00	24	**5.781**	0.059	0.050	**8.402**	0.032	0.027	**9.228**	0.008	0.007
21/05/2025	12:00	48	**5.850**	0.128	0.108	**8.420**	0.050	0.042	**9.261**	0.041	0.035
22/05/2025	12:00	72	**5.892**	0.170	0.144	**8.491**	0.121	0.103	**9.412**	0.192	0.163
23/05/2025	12:00	96	**5.904**	0.182	0.154	**8.569**	0.199	0.169	**9.590**	0.370	0.314

CALCULO DE RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

Penetración		*Carga Standard*	*Molde N°*	*1*			*Molde N°*	*2*			*Molde N°*	*3*		
			Carga	*Corrección*			*Carga*	*Corrección*			*Carga*	*Corrección*		
(mm)	*(pulg.)*	*(lbs/pulg²)*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*
0.000	0.000		**0.0**	0	0		**0.0**	0	0		**0.0**	0	0	
0.640	0.025		**48.0**	563.10	187.70		**41.0**	493.94	164.65		**22.0**	306.22	102.07	
1.270	0.050		**100.0**	1076.86	358.95		**85.0**	928.66	309.55		**59.0**	671.78	223.93	
1.910	0.075		**159.0**	1659.78	553.26		**121.0**	1284.34	428.11		**89.0**	968.18	322.73	
2.540	**0.100**	***1000***	**220.0**	2262.46	754.15	**75.42**	**162.0**	1689.42	563.14	**56.31**	**121.0**	1284.34	428.11	**42.81**
3.180	0.125		**252.0**	2578.62	859.54		**197.0**	2035.22	678.41		**143.0**	1501.70	500.57	
3.810	0.150		**289.0**	2944.18	981.39		**232.0**	2381.02	793.67		**176.0**	1827.74	609.25	
4.450	0.175		**325.0**	3299.86	1099.95		**255.0**	2608.26	869.42		**199.0**	2054.98	684.99	
5.080	**0.200**	***1500***	**370.0**	3744.46	1248.15	**83.21**	**284.0**	2894.78	964.93	**64.33**	**220.0**	2262.46	754.15	**50.28**
7.620	0.300		**425.0**	4287.86	1429.29		**347.0**	3517.22	1172.41		**245.0**	2509.46	836.49	
10.160	0.400		**471.0**	4742.34	1580.78		**372.0**	3764.22	1254.74		**269.0**	2746.58	915.53	
12.700	0.500		**505.0**	5078.26	1692.75		**394.0**	3981.58	1327.19		**291.0**	2963.94	987.98	

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tisec Gustavo Adolfo

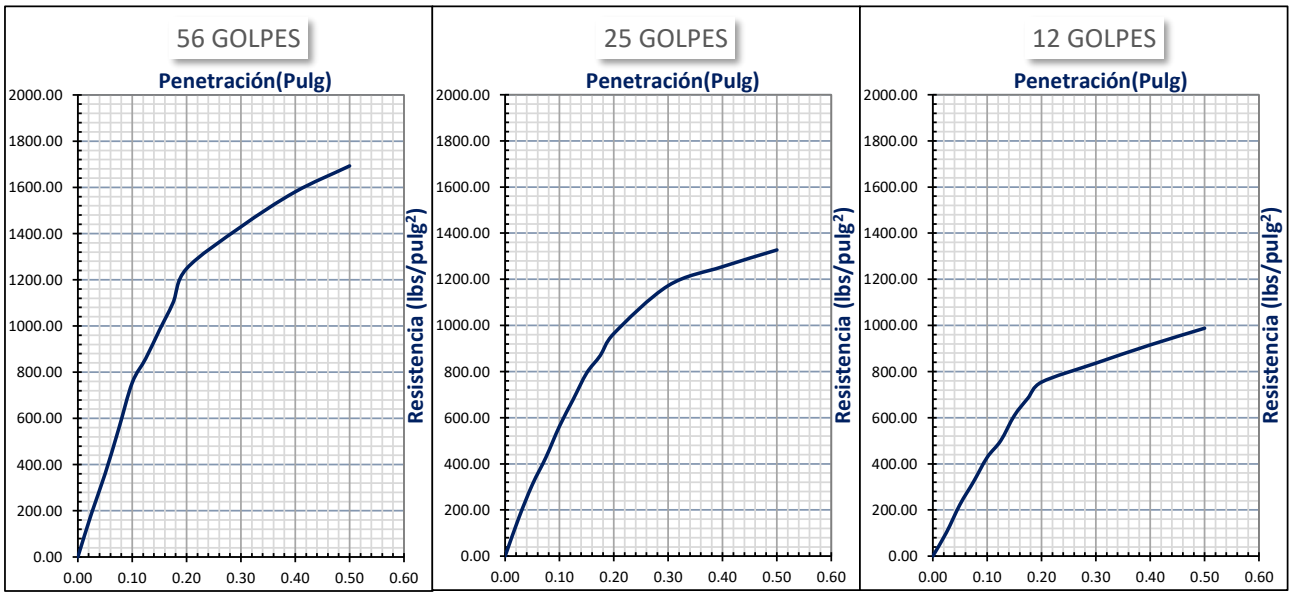
IV.- FECHA DE ENSAYO

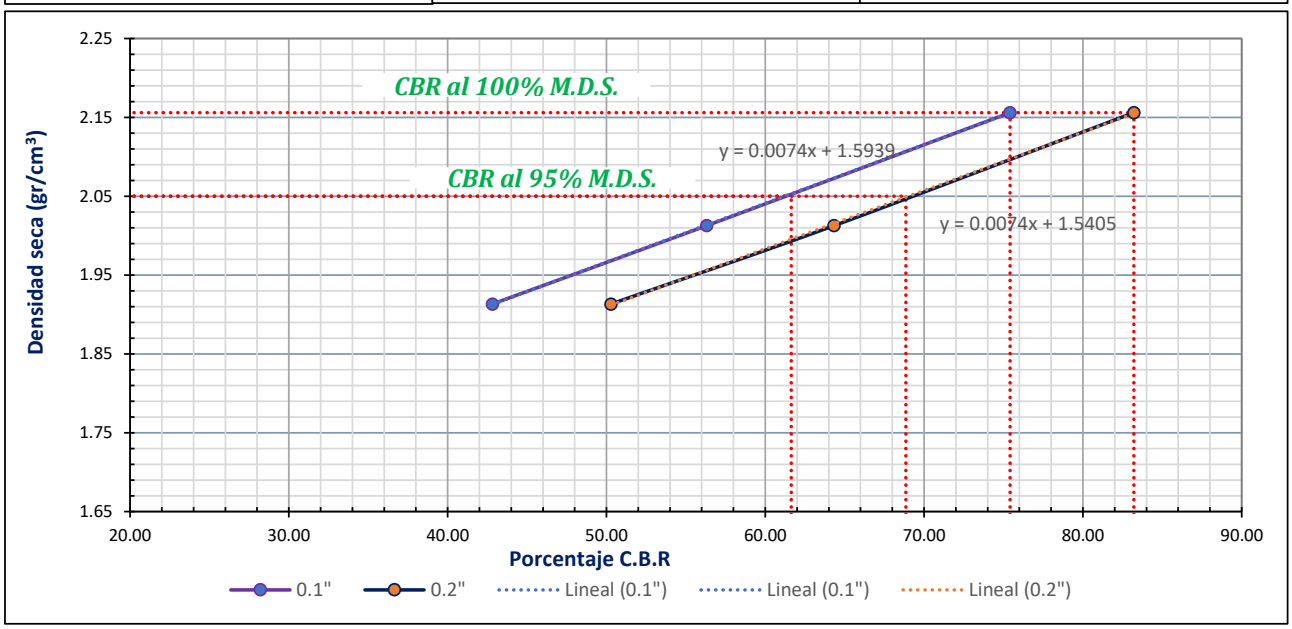
Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (ASTM D1883)

Humedad óptima (%)	9.35
Máxima Densidad Seca (gr/cm^3)	2.151
0.95% M.D.S	2.04

C.B.R.AL 100% : 01"	75.42
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	61.64
C.B.R.AL 100% : 02"	83.21
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	68.85





UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tisec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

ENSAYO DE CBR

GEOSINTETICO:
MÁXIMA DENSIDAD SECA: 2.179 gr/cm3
HUMEDAD ÓPTIMA: 7.65 %
CBR 0.95 MDS: 0.1" 59.45 %

CALCULO DE RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

CALICATA N°	**CANTERA TRES TOMAS + AGUA POTABLE**					
Molde N°	**1**		**2**		**3**	
Numero de capas	**5**		**5**		**5**	
Numero de golpes	**56**		**25**		**12**	
Condición de muestra	*NO SATURADO*	*SATURADO*	*NO SATURADO*	*SATURADO*	*NO SATURADO*	*SATURADO*
Peso de suelo + molde (gr)	**9,220**	**9,250**	**9,070**	**9,150**	**9,025**	**9,090**
Peso molde (gr)	**4,160**	**4,160**	**4,145**	**4,145**	**4,235**	**4,235**
Peso suelo compactado (gr)	5,060	5,090	4,925	5,005	4,790	4,855
Volumen del suelo (cm3)	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.343	2.357	2.281	2.318	2.218	2.248
Densidad seca (gr/cm3)	2.177	2.165	2.121	2.100	2.065	1.997
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr)	**14.92**	**14.67**	**14.40**	**14.25**	**14.25**	**14.57**
Tara + suelo húmedo (gr)	**56.40**	**55.56**	**75.10**	**56.16**	**64.20**	**60.10**
Tara + suelo seco(gr)	**53.46**	**52.23**	**70.85**	**52.22**	**60.76**	**55.00**
Peso de agua (gr)	2.94	3.33	4.25	3.94	3.44	5.10
Peso de suelo seco (gr)	38.54	37.56	56.45	37.97	46.51	40.43
Humedad (%)	7.63	8.87	7.53	10.38	7.40	12.61

EXPASIÓN

Fecha	*Hora*	*Tiempo*	*Lectura*	*Expansión*		*Lectura*	*Expansión*		*Lectura*	*Expansión*	
		Hr	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*
21/04/2025	12:00	0	**0.607**	0.000	0.000	**0.728**	0.000	0.000	**2.010**	0.000	0.000
22/04/2025	12:00	24	**0.610**	0.003	0.003	**0.849**	0.121	0.103	**2.168**	0.158	0.134
23/04/2025	12:00	48	**0.615**	0.008	0.007	**0.861**	0.133	0.113	**2.175**	0.165	0.140
24/04/2025	12:00	72	**0.645**	0.038	0.032	**0.870**	0.142	0.120	**2.925**	0.915	0.775
25/04/2025	12:00	96	**0.650**	0.043	0.036	**0.871**	0.143	0.121	**2.930**	0.920	0.780

CALCULO DE RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

Penetración		*Carga Standard*	*Molde N°*	*1*			*Molde N°*	*2*			*Molde N°*	*3*		
			Carga	*Corrección*			*Carga*	*Corrección*			*Carga*	*Corrección*		
(mm)	*(pulg.)*	*(lbs/pulg²)*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*
0.000	0.000		**0.0**	0	0		**0.0**	0	0		**0.0**	0	0	
0.640	0.025		**49.0**	572.98	190.99		**41.0**	493.94	164.65		**20.0**	286.46	95.49	
1.270	0.050		**100.0**	1076.86	358.95		**84.0**	918.78	306.26		**58.0**	661.90	220.63	
1.910	0.075		**159.0**	1659.78	553.26		**120.0**	1274.46	424.82		**88.0**	958.30	319.43	
2.540	**0.100**	***1000***	**220.0**	2262.46	754.15	**75.42**	**165.0**	1719.06	573.02	**57.30**	**120.0**	1274.46	424.82	**42.48**
3.180	0.125		**252.0**	2578.62	859.54		**195.0**	2015.46	671.82		**142.0**	1491.82	497.27	
3.810	0.150		**289.0**	2944.18	981.39		**230.0**	2361.26	787.09		**175.0**	1817.86	605.95	
4.450	0.175		**324.0**	3289.98	1096.66		**274.0**	2795.98	931.99		**198.0**	2045.10	681.70	
5.080	**0.200**	***1500***	**370.0**	3744.46	1248.15	**83.21**	**285.0**	2904.66	968.22	**64.55**	**210.0**	2163.66	721.22	**48.08**
7.620	0.300		**425.0**	4287.86	1429.29		**345.0**	3497.46	1165.82		**245.0**	2509.46	836.49	
10.160	0.400		**470.0**	4732.46	1577.49		**368.0**	3724.70	1241.57		**268.0**	2736.70	912.23	
12.700	0.500		**501.0**	5038.74	1679.58		**392.0**	3961.82	1320.61		**288.0**	2934.30	978.10	

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tisec Gustavo Adolfo

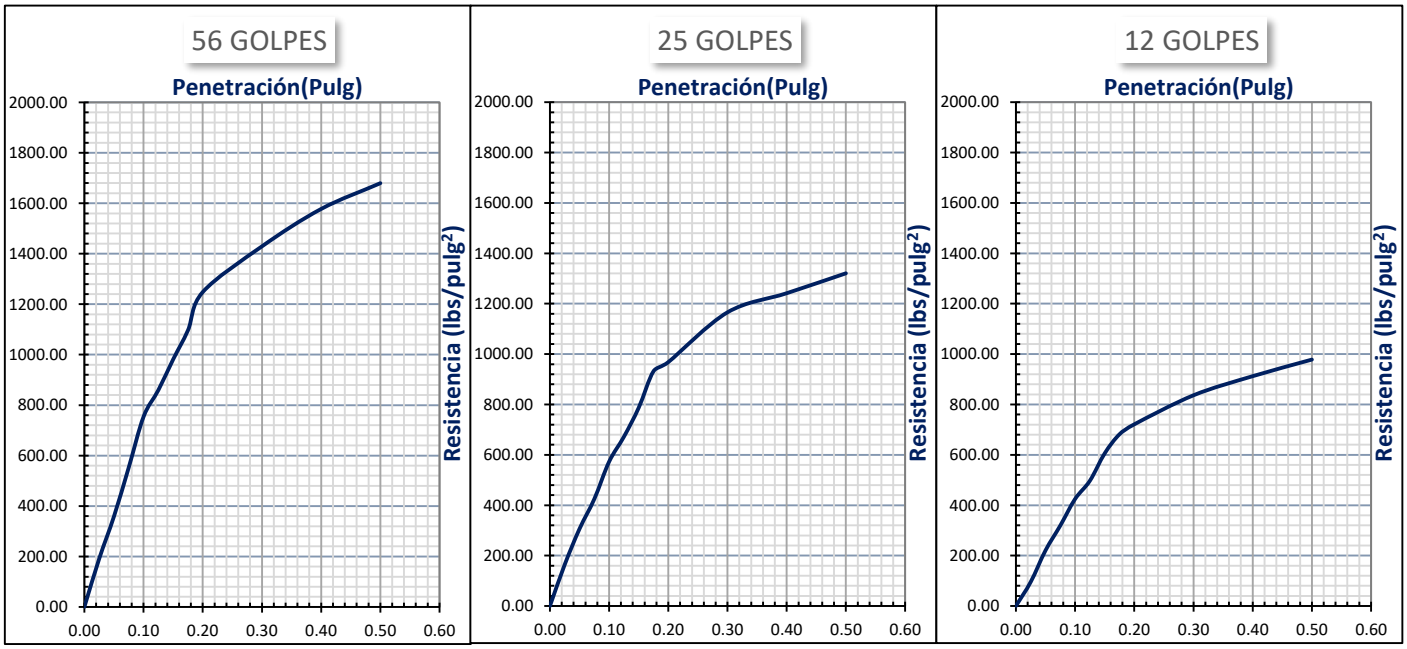
IV.- FECHA DE ENSAYO

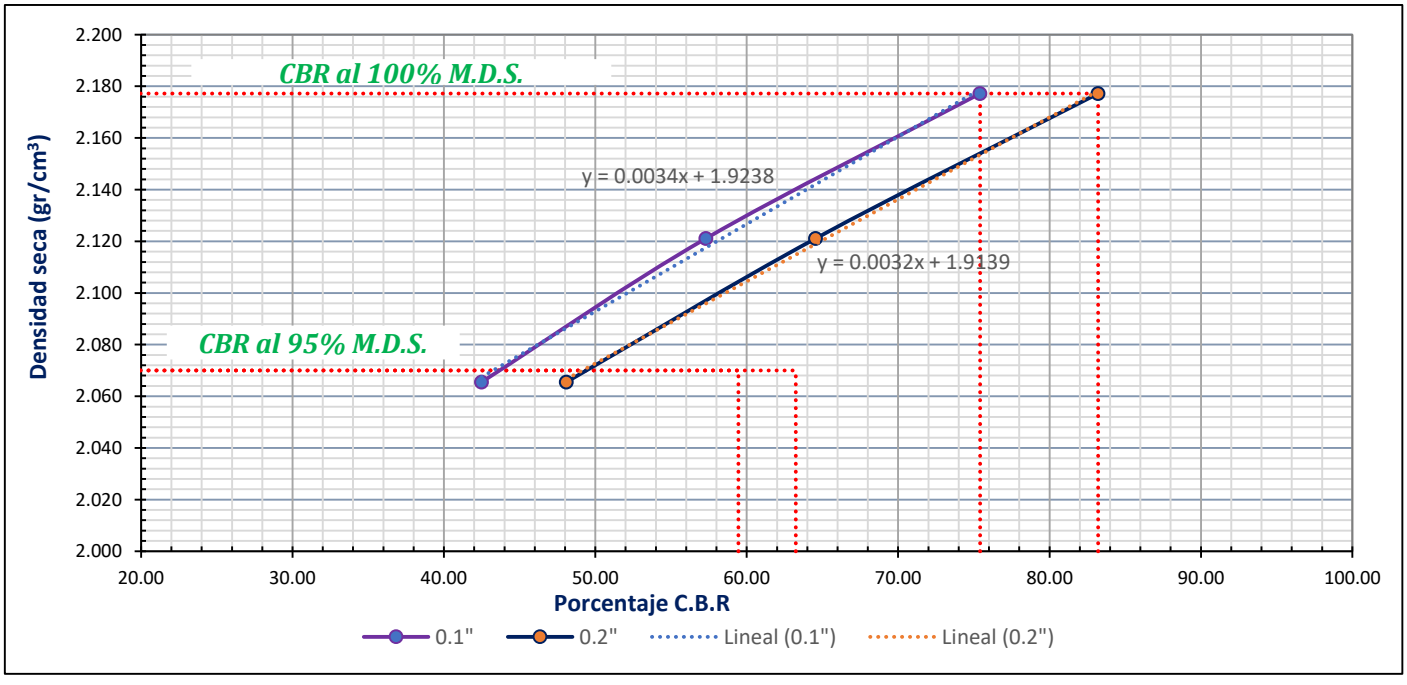
Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (ASTM D1883)

Humedad óptima (%)	7.65
Máxima Densidad Seca (gr/cm^3)	2.179
0.95% M.D.S	2.07

C.B.R.AL 100% : 01"	75.42
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	59.45
C.B.R.AL 100% : 02"	83.21
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	63.24





UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tisec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Mayo del 2025
Fecha Termino: Mayo del 2025

ENSAYO DE CBR

GEOSINTETICO:
MÁXIMA DENSIDAD SECA: 2.189 gr/cm3
HUMEDAD ÓPTIMA: 7.45 %
CBR 0.95 MDS: 0.1" 63.90 %

CALCULO DE RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)						
CALICATA N°	CANTERA TRES TOMAS + AGUA PLAYA PIMENTEL					
Molde N°	7		8		9	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de golpes	56		25		12	
Condición de muestra	*NO SATURADO*	*SATURADO*	*NO SATURADO*	*SATURADO*	*NO SATURADO*	*SATURADO*
Peso de suelo + molde (gr)	**9,305**	**9,320**	**9,025**	**9,105**	**8,850**	**8,965**
Peso molde (gr)	**4,215**	**4,215**	**4,165**	**4,165**	**4,120**	**4,120**
Peso suelo compactado (gr)	5,090	5,105	4,860	4,940	4,730	4,845
Volumen del suelo (cm3)	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.357	2.364	2.251	2.288	2.190	2.244
Densidad seca (gr/cm3)	2.193	2.164	2.102	2.076	2.042	2.026
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr)	**14.35**	**14.25**	**14.66**	**14.22**	**14.23**	**14.93**
Tara + suelo húmedo (gr)	**65.88**	**61.13**	**60.05**	**62.88**	**60.40**	**62.78**
Tara + suelo seco(gr)	**62.30**	**57.17**	**57.06**	**58.37**	**57.27**	**58.14**
Peso de agua (gr)	3.58	3.96	2.99	4.51	3.13	4.64
Peso de suelo seco (gr)	47.95	42.92	42.40	44.15	43.04	43.21
Humedad (%)	7.47	9.23	7.05	10.22	7.27	10.74

EXPASIÓN

Fecha	*Hora*	*Tiempo*	*Lectura*	*Expansión*		*Lectura*	*Expansión*		*Lectura*	*Expansión*	
		Hr	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*
12/05/2025	12:00	0	**4.135**	0.000	0.000	**8.132**	0.000	0.000	**8.937**	0.000	0.000
13/05/2025	12:00	24	**4.163**	0.028	0.024	**8.306**	0.174	0.147	**9.273**	0.336	0.285
14/05/2025	12:00	48	**4.232**	0.097	0.082	**8.272**	0.140	0.119	**9.177**	0.240	0.203
15/05/2025	12:00	72	**4.251**	0.116	0.098	**8.322**	0.190	0.161	**9.107**	0.170	0.144
16/05/2025	12:00	96	**4.252**	0.117	0.099	**8.285**	0.153	0.130	**9.212**	0.275	0.233

CALCULO DE RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

Penetración		*Carga Standard*	*Molde N°*	*7*			*Molde N°*	*8*			*Molde N°*	*9*		
			Carga	*Corrección*			*Carga*	*Corrección*			*Carga*	*Corrección*		
(mm)	*(pulg.)*	*(lbs/pulg²)*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*
0.000	0.000		**0.0**	0	0		**0.0**	0	0		**0.0**	0	0	
0.640	0.025		**94.0**	1017.58	339.19		**76.0**	839.74	279.91		**55.0**	632.26	210.75	
1.270	0.050		**135.0**	1422.66	474.22		**129.0**	1363.38	454.46		**93.0**	1007.70	335.90	
1.910	0.075		**194.0**	2005.58	668.53		**155.0**	1620.26	540.09		**123.0**	1304.10	434.70	
2.540	**0.100**	***1000***	**245.0**	2509.46	836.49	**83.65**	**200.0**	2064.86	688.29	**68.83**	**165.0**	1719.06	573.02	**57.30**
3.180	0.125		**287.0**	2924.42	974.81		**230.0**	2361.26	787.09		**177.0**	1837.62	612.54	
3.810	0.150		**324.0**	3289.98	1096.66		**264.0**	2697.18	899.06		**208.0**	2143.90	714.63	
4.450	0.175		**359.0**	3635.78	1211.93		**309.0**	3141.78	1047.26		**233.0**	2390.90	796.97	
5.080	**0.200**	***1500***	**395.0**	3991.46	1330.49	**88.70**	**320.0**	3250.46	1083.49	**72.23**	**270.0**	2756.46	918.82	**61.25**
7.620	0.300		**460.0**	4633.66	1544.55		**360.0**	3645.66	1215.22		**295.0**	3003.46	1001.15	
10.160	0.400		**511.0**	5137.54	1712.51		**403.0**	4070.50	1356.83		**315.0**	3201.06	1067.02	
12.700	0.500		**537.0**	5394.42	1798.14		**427.0**	4307.62	1435.87		**323.0**	3280.10	1093.37	

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tisec Gustavo Adolfo

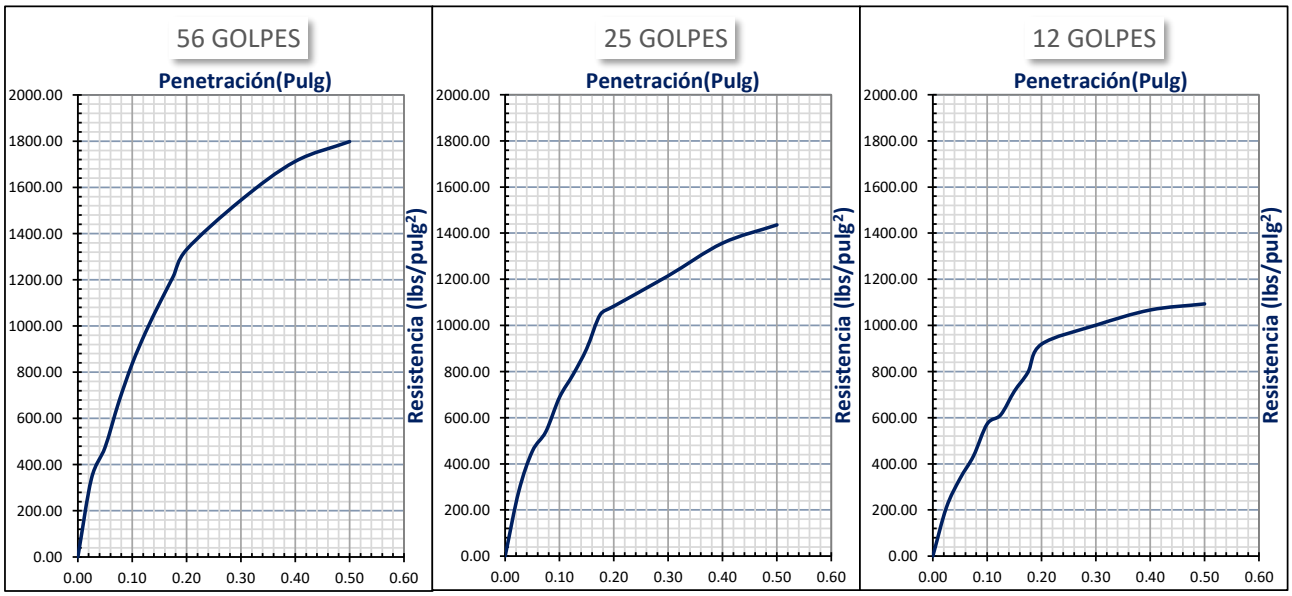
IV.- FECHA DE ENSAYO

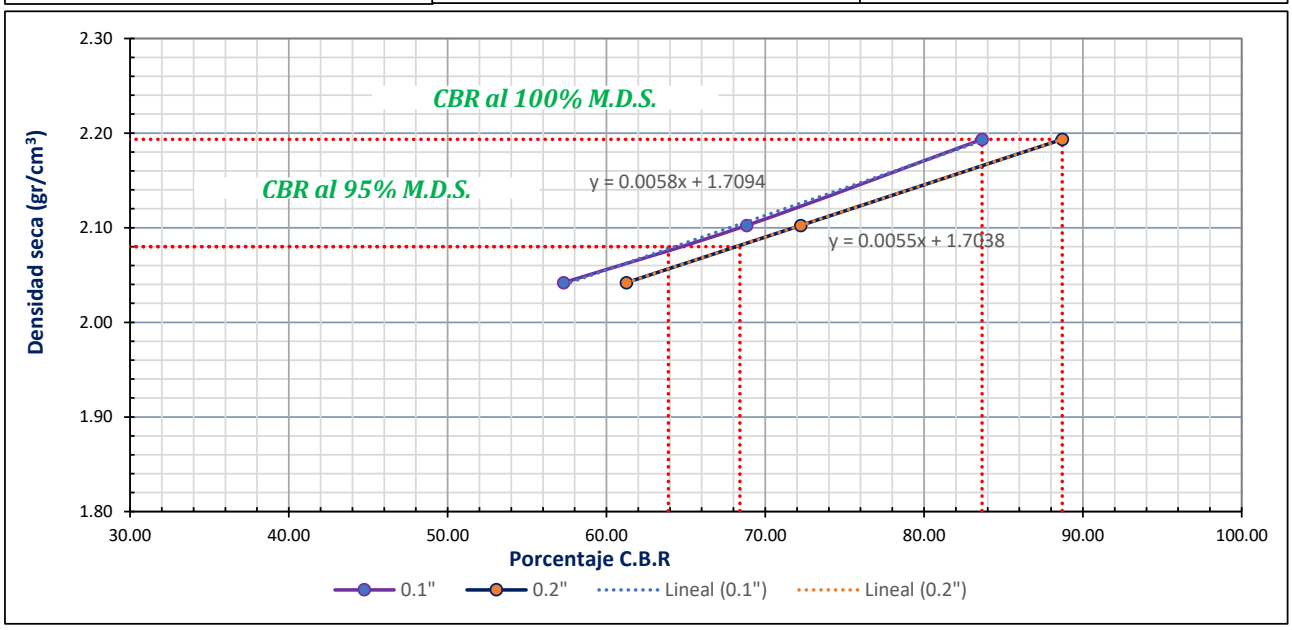
Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (ASTM D1883)

Humedad óptima (%)	7.45
Máxima Densidad Seca (gr/cm^3)	2.189
0.95% M.D.S	2.08

C.B.R.AL 100% : 01"	83.65
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	63.90
C.B.R.AL 100% : 02"	88.70
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	68.40





UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tisec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Mayo del 2025
Fecha Termino: Mayo del 2025

ENSAYO DE CBR

GEOSINTETICO:
MÁXIMA DENSIDAD SECA: 2.193 gr/cm3
HUMEDAD ÓPTIMA: 7.52 %
CBR 0.95 MDS: 0.1" 67.72 %

CALCULO DE RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

CALICATA N°	**CANTERA TRES TOMAS + AGUA PLAYA SAN JOSÉ**					
Molde N°	**4**		**5**		**6**	
Numero de capas	**5**		**5**		**5**	
Numero de golpes	**56**		**25**		**12**	
Condición de muestra	*NO SATURADO*	*SATURADO*	*NO SATURADO*	*SATURADO*	*NO SATURADO*	*SATURADO*
Peso de suelo + molde (gr)	**9,220**	**9,235**	**8,940**	**9,020**	**8,765**	**8,880**
Peso molde (gr)	**4,135**	**4,135**	**4,130**	**4,130**	**4,260**	**4,260**
Peso suelo compactado (gr)	5,085	5,100	4,810	4,890	4,505	4,620
Volumen del suelo (cm3)	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.355	2.362	2.228	2.265	2.086	2.140
Densidad seca (gr/cm3)	2.191	2.162	2.080	2.054	1.942	1.932

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr)	**14.38**	**14.28**	**14.69**	**14.25**	**14.26**	**14.93**
Tara + suelo húmedo (gr)	**65.85**	**61.10**	**60.02**	**62.85**	**60.42**	**62.78**
Tara + suelo seco(gr)	**62.26**	**57.13**	**57.02**	**58.33**	**57.23**	**58.14**
Peso de agua (gr)	3.59	3.97	3.00	4.52	3.19	4.64
Peso de suelo seco (gr)	47.88	42.85	42.33	44.08	42.97	43.21
Humedad (%)	7.50	9.26	7.09	10.25	7.42	10.74

EXPASIÓN

Fecha	*Hora*	*Tiempo*	*Lectura*	*Expansión*		*Lectura*	*Expansión*		*Lectura*	*Expansión*	
		Hr	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*
05/05/2025	12:00	0	**5.133**	0.000	0.000	**9.130**	0.000	0.000	**9.935**	0.000	0.000
06/05/2025	12:00	24	**5.161**	0.028	0.024	**9.304**	0.174	0.147	**10.271**	0.336	0.285
07/05/2025	12:00	48	**5.235**	0.102	0.086	**9.270**	0.140	0.119	**10.175**	0.240	0.203
08/05/2025	12:00	72	**5.249**	0.116	0.098	**9.320**	0.190	0.161	**10.105**	0.170	0.144
09/05/2025	12:00	96	**5.250**	0.117	0.099	**9.283**	0.153	0.130	**10.210**	0.275	0.233

CALCULO DE RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

Penetración		*Carga Standard*	*Molde N°*	*4*			*Molde N°*	*5*			*Molde N°*	*6*		
			Carga	*Corrección*			*Carga*	*Corrección*			*Carga*	*Corrección*		
(mm)	*(pulg.)*	*(lbs/pulg²)*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*
0.000	0.000		**0.0**	0	0		**0.0**	0	0		**0.0**	0	0	
0.640	0.025		**69.0**	770.58	256.86		**61.0**	691.54	230.51		**40.0**	484.06	161.35	
1.270	0.050		**120.0**	1274.46	424.82		**104.0**	1116.38	372.13		**78.0**	859.50	286.50	
1.910	0.075		**179.0**	1857.38	619.13		**140.0**	1472.06	490.69		**108.0**	1155.90	385.30	
2.540	**0.100**	***1000***	**240.0**	2460.06	820.02	**82.00**	**195.0**	2015.46	671.82	**67.18**	**140.0**	1472.06	490.69	**49.07**
3.180	0.125		**272.0**	2776.22	925.41		**215.0**	2213.06	737.69		**162.0**	1689.42	563.14	
3.810	0.150		**309.0**	3141.78	1047.26		**250.0**	2558.86	852.95		**195.0**	2015.46	671.82	
4.450	0.175		**344.0**	3487.58	1162.53		**294.0**	2993.58	997.86		**218.0**	2242.70	747.57	
5.080	**0.200**	***1500***	**390.0**	3942.06	1314.02	**87.60**	**315.0**	3201.06	1067.02	**71.13**	**230.0**	2361.26	787.09	**52.47**
7.620	0.300		**445.0**	4485.46	1495.15		**365.0**	3695.06	1231.69		**255.0**	2608.26	869.42	
10.160	0.400		**495.0**	4979.46	1659.82		**388.0**	3922.30	1307.43		**288.0**	2934.30	978.10	
12.700	0.500		**521.0**	5236.34	1745.45		**412.0**	4159.42	1386.47		**308.0**	3131.90	1043.97	

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tisec Gustavo Adolfo

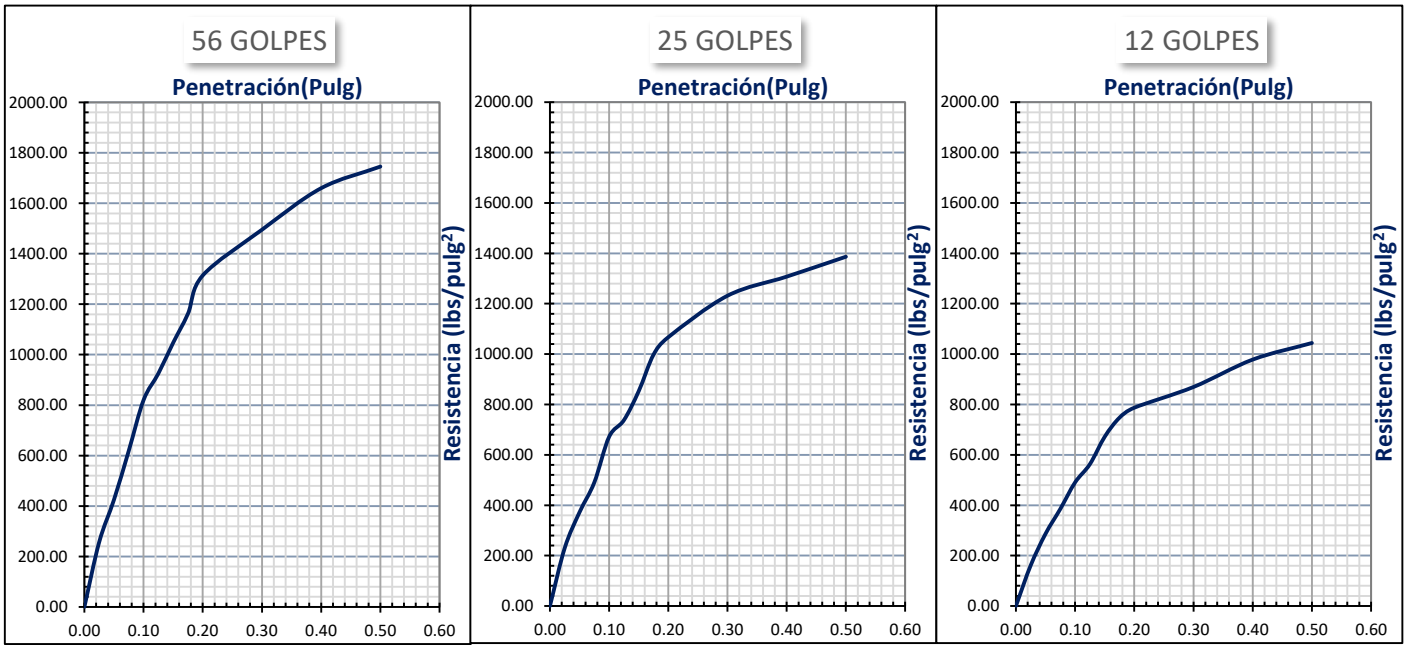
IV.- FECHA DE ENSAYO

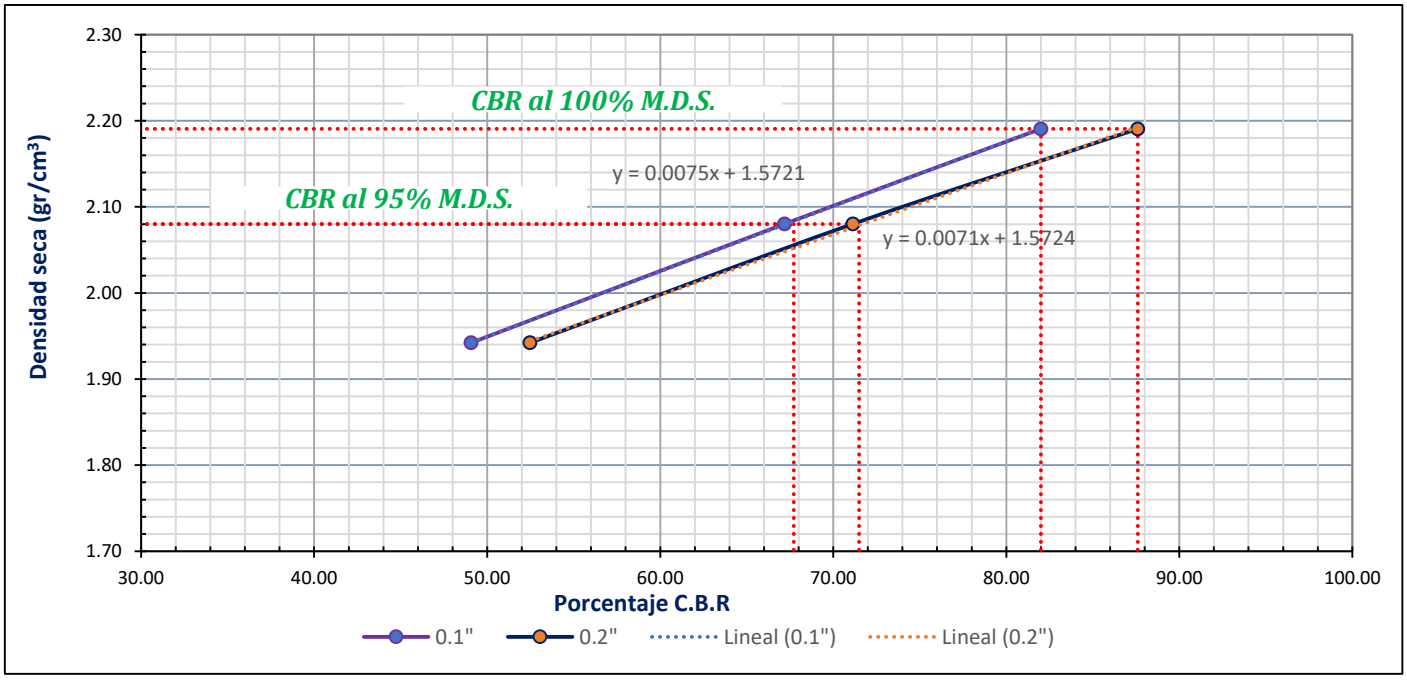
Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (ASTM D1883)

Humedad óptima (%)	7.52
Máxima Densidad Seca (gr/cm^3)	2.193
0.95% M.D.S	2.08

C.B.R.AL 100% : 01"	82.00
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	67.72
C.B.R.AL 100% : 02"	87.60
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	71.49





UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tisec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

ENSAYO DE CBR

GEOSINTETICO:
MÁXIMA DENSIDAD SECA: 2.061 gr/cm3
HUMEDAD ÓPTIMA: 8.54 %
CBR 0.95 MDS: 0.1" 51.67 %

CALCULO DE RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)						
CALICATA N°	CANTERA LA VICTORIA + AGUA POTABLE					
Molde N°	4		5		6	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de golpes	56		25		12	
Condición de muestra	*NO SATURADO*	*SATURADO*	*NO SATURADO*	*SATURADO*	*NO SATURADO*	*SATURADO*
Peso de suelo + molde (gr)	**8,970**	**9,005**	**8,620**	**8,775**	**8,500**	**8,700**
Peso molde (gr)	**4,135**	**4,135**	**4,130**	**4,130**	**4,260**	**4,260**
Peso suelo compactado (gr)	4,835	4,870	4,490	4,645	4,240	4,440
Volumen del suelo (cm3)	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.239	2.255	2.079	2.151	1.964	2.056
Densidad seca (gr/cm3)	2.063	1.998	1.920	1.895	1.818	1.799
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr)	**14.65**	**14.27**	**14.04**	**14.23**	**14.02**	**14.96**
Tara + suelo húmedo (gr)	**59.48**	**50.05**	**59.65**	**57.25**	**61.80**	**58.50**
Tara + suelo seco(gr)	**55.96**	**45.96**	**56.16**	**52.13**	**58.27**	**53.06**
Peso de agua (gr)	3.52	4.09	3.49	5.12	3.53	5.44
Peso de suelo seco (gr)	41.31	31.69	42.12	37.90	44.25	38.10
Humedad (%)	8.52	12.91	8.29	13.51	7.98	14.28

EXPASIÓN

Fecha	*Hora*	*Tiempo*	*Lectura*	*Expansión*		*Lectura*	*Expansión*		*Lectura*	*Expansión*	
		Hr	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*
21/04/2025	12:00	0	**1.853**	0.000	0.000	**4.651**	0.000	0.000	**9.720**	0.000	0.000
22/04/2025	12:00	24	**3.185**	1.332	1.129	**6.055**	1.404	1.190	**11.277**	1.557	1.319
23/04/2025	12:00	48	**3.140**	1.287	1.091	**6.111**	1.460	1.237	**11.215**	1.495	1.267
24/04/2025	12:00	72	**3.185**	1.332	1.129	**6.042**	1.391	1.179	**11.272**	1.552	1.315
25/04/2025	12:00	96	**3.219**	1.366	1.158	**6.109**	1.458	1.236	**11.298**	1.578	1.337

CALCULO DE RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

Penetración		*Carga Standard*	*Molde N°*	*4*			*Molde N°*	*5*			*Molde N°*	*6*		
			Carga	*Corrección*			*Carga*	*Corrección*			*Carga*	*Corrección*		
(mm)	*(pulg.)*	*(lbs/pulg²)*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*
0.000	0.000		**0.0**	0	0		**0.0**	0	0		**0.0**	0	0	
0.640	0.025		**38.0**	464.30	154.77		**30.0**	385.26	128.42		**10.0**	187.66	62.55	
1.270	0.050		**89.0**	968.18	322.73		**73.0**	810.10	270.03		**47.0**	553.22	184.41	
1.910	0.075		**138.0**	1452.30	484.10		**109.0**	1165.78	388.59		**67.0**	750.82	250.27	
2.540	**0.100**	***1000***	**190.0**	1966.06	655.35	**65.54**	**135.0**	1422.66	474.22	**47.42**	**90.0**	978.06	326.02	**32.60**
3.180	0.125		**241.0**	2469.94	823.31		**184.0**	1906.78	635.59		**131.0**	1383.14	461.05	
3.810	0.150		**278.0**	2835.50	945.17		**219.0**	2252.58	750.86		**164.0**	1709.18	569.73	
4.450	0.175		**313.0**	3181.30	1060.43		**240.0**	2460.06	820.02		**180.0**	1867.26	622.42	
5.080	**0.200**	***1500***	**340.0**	3448.06	1149.35	**76.62**	**255.0**	2608.26	869.42	**57.96**	**195.0**	2015.46	671.82	**44.79**
7.620	0.300		**414.0**	4179.18	1393.06		**334.0**	3388.78	1129.59		**234.0**	2400.78	800.26	
10.160	0.400		**459.0**	4623.78	1541.26		**357.0**	3616.02	1205.34		**257.0**	2628.02	876.01	
12.700	0.500		**490.0**	4930.06	1643.35		**381.0**	3853.14	1284.38		**277.0**	2825.62	941.87	

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:
"CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON MATERIALES GEOSINTÉTICOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN EN EL PUEBLO JOVEN MILAGRO DE DIOS, DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Chiclayo *Distrito:* José Leonardo Ortiz
Localidad: Pueblo Joven Milagro de Dios

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Diaz Sandoval Edson Denilson
Tesista: Bach. Mija Torres Royer Alfredo

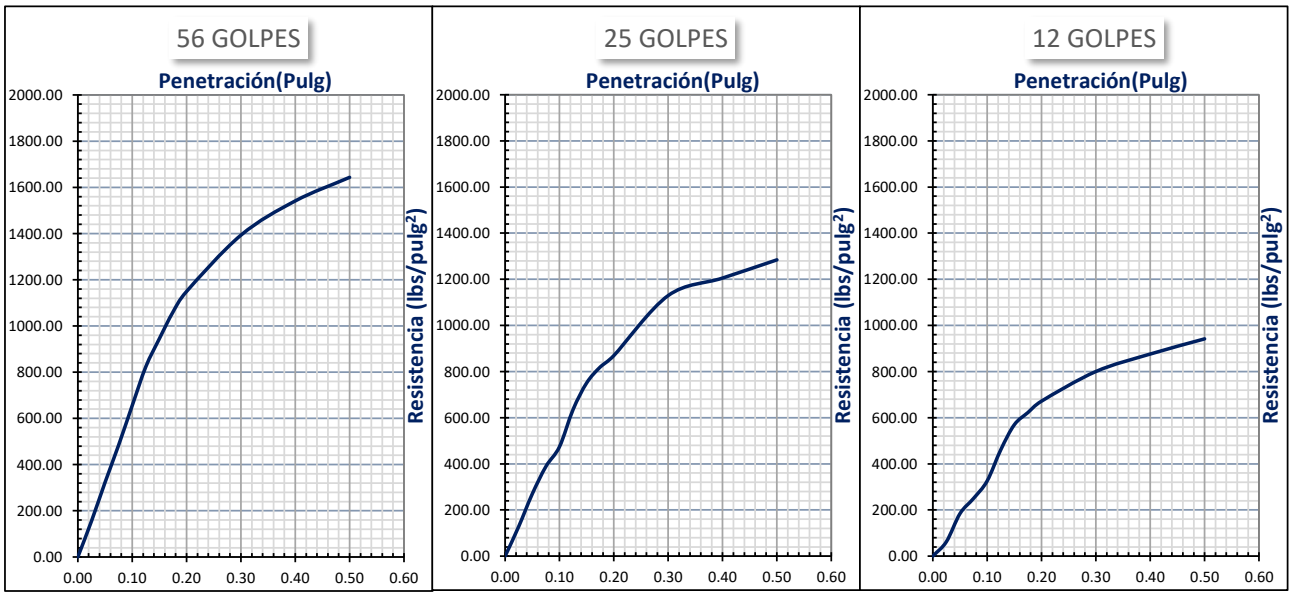
IV.- FECHA DE ENSAYO

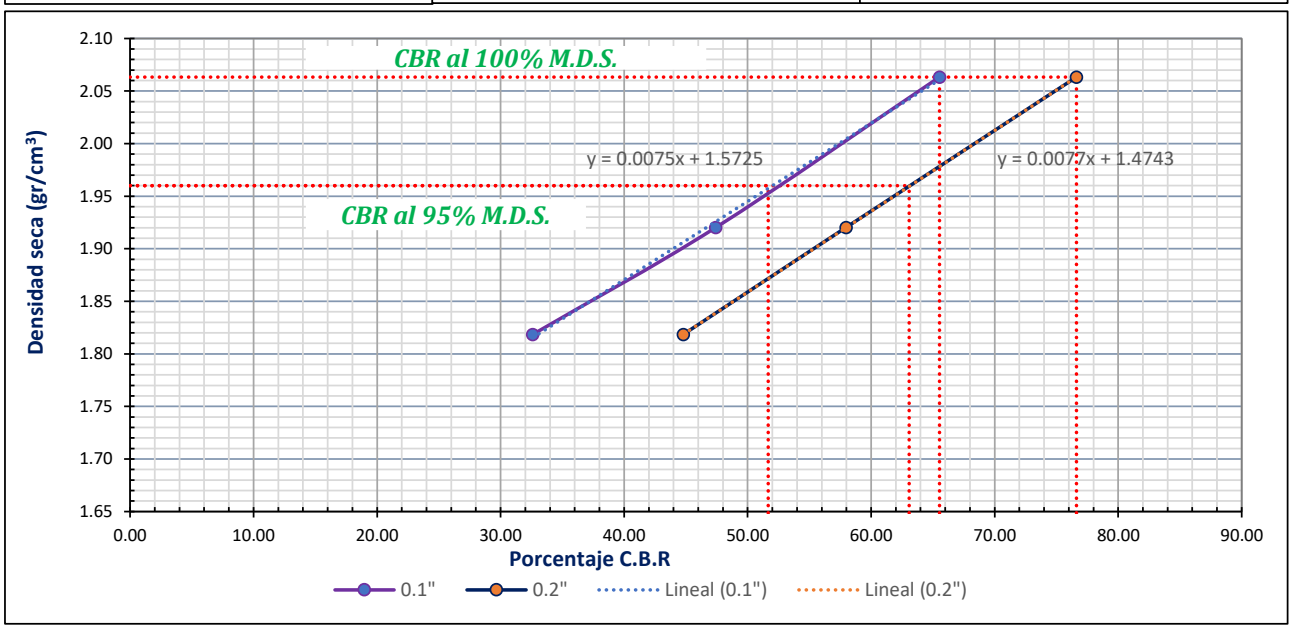
Fecha Inicio: Octubre del 2023
Fecha Termino: Octubre del 2023

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (ASTM D1883)

Humedad óptima (%)	8.54
Máxima Densidad Seca (gr/cm^3)	2.06
0.95% M.D.S	1.96

C.B.R.AL 100% : 01"	65.54
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	51.67
C.B.R.AL 100% : 02"	76.62
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	63.08





UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tisec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Mayo del 2025
Fecha Termino: Mayo del 2025

ENSAYO DE CBR

GEOSINTETICO:
MÁXIMA DENSIDAD SECA: 2.073 gr/cm3
HUMEDAD ÓPTIMA: 8.38 %
CBR 0.95 MDS: 0.1" 60.98 %

CALCULO DE RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)						
CALICATA N°	CANTERA LA VICTORIA + AGUA PLAYA PIMENTEL					
Molde N°	1		2		3	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de golpes	56		25		12	
Condición de muestra	*NO SATURADO*	*SATURADO*	*NO SATURADO*	*SATURADO*	*NO SATURADO*	*SATURADO*
Peso de suelo + molde (gr)	**9,020**	**9,105**	**8,775**	**8,955**	**8,370**	**8,650**
Peso molde (gr)	**4,160**	**4,160**	**4,145**	**4,145**	**4,235**	**4,235**
Peso suelo compactado (gr)	4,860	4,945	4,630	4,810	4,135	4,415
Volumen del suelo (cm3)	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.251	2.290	2.144	2.228	1.915	2.045
Densidad seca (gr/cm3)	2.077	1.998	1.980	1.936	1.763	1.763
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr)	**13.95**	**14.11**	**13.73**	**14.79**	**14.64**	**13.80**
Tara + suelo húmedo (gr)	**64.95**	**59.74**	**74.61**	**63.34**	**65.78**	**70.65**
Tara + suelo seco(gr)	**61.02**	**53.93**	**69.95**	**56.98**	**61.71**	**62.81**
Peso de agua (gr)	3.93	5.81	4.66	6.36	4.07	7.84
Peso de suelo seco (gr)	47.07	39.82	56.22	42.19	47.07	49.01
Humedad (%)	8.35	14.59	8.29	15.07	8.65	16.00

EXPASIÓN

Fecha	*Hora*	*Tiempo*	*Lectura*	*Expansión*		*Lectura*	*Expansión*		*Lectura*	*Expansión*	
		Hr	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*
05/05/2025	12:00	0	**0.624**	0.000	0.000	**2.290**	0.000	0.000	**6.400**	0.000	0.000
06/05/2025	12:00	24	**1.354**	0.730	0.619	**3.050**	0.760	0.644	**7.405**	1.005	0.852
07/05/2025	12:00	48	**1.690**	1.066	0.903	**3.150**	0.860	0.729	**7.740**	1.340	1.136
08/05/2025	12:00	72	**1.694**	1.070	0.907	**3.110**	0.820	0.695	**8.010**	1.610	1.364
09/05/2025	12:00	96	**1.720**	1.096	0.929	**3.600**	1.310	1.110	**8.500**	2.100	1.780

CALCULO DE RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

Penetración		*Carga Standard*	*Molde N°*	*1*			*Molde N°*	*2*			*Molde N°*	*3*		
			Carga	*Corrección*			*Carga*	*Corrección*			*Carga*	*Corrección*		
(mm)	*(pulg.)*	*(lbs/pulg²)*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*
0.000	0.000		**0.0**	0	0		**0.0**	0	0		**0.0**	0	0	
0.640	0.025		**54.0**	622.38	207.46		**47.0**	553.22	184.41		**27.0**	355.62	118.54	
1.270	0.050		**104.0**	1116.38	372.13		**91.0**	987.94	329.31		**63.0**	711.30	237.10	
1.910	0.075		**154.0**	1610.38	536.79		**126.0**	1333.74	444.58		**84.0**	918.78	306.26	
2.540	**0.100**	***1000***	**211.0**	2173.54	724.51	**72.45**	**177.0**	1837.62	612.54	**61.25**	**111.0**	1185.54	395.18	**39.52**
3.180	0.125		**258.0**	2637.90	879.30		**200.0**	2064.86	688.29		**147.0**	1541.22	513.74	
3.810	0.150		**293.0**	2983.70	994.57		**235.0**	2410.66	803.55		**181.0**	1877.14	625.71	
4.450	0.175		**329.0**	3339.38	1113.13		**257.0**	2628.02	876.01		**198.0**	2045.10	681.70	
5.080	**0.200**	***1500***	**361.0**	3655.54	1218.51	**81.23**	**310.0**	3151.66	1050.55	**70.04**	**216.0**	2222.94	740.98	**49.40**
7.620	0.300		**431.0**	4347.14	1449.05		**351.0**	3556.74	1185.58		**250.0**	2558.86	852.95	
10.160	0.400		**477.0**	4801.62	1600.54		**376.0**	3803.74	1267.91		**274.0**	2795.98	931.99	
12.700	0.500		**507.0**	5098.02	1699.34		**398.0**	4021.10	1340.37		**292.0**	2973.82	991.27	

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tisec Gustavo Adolfo

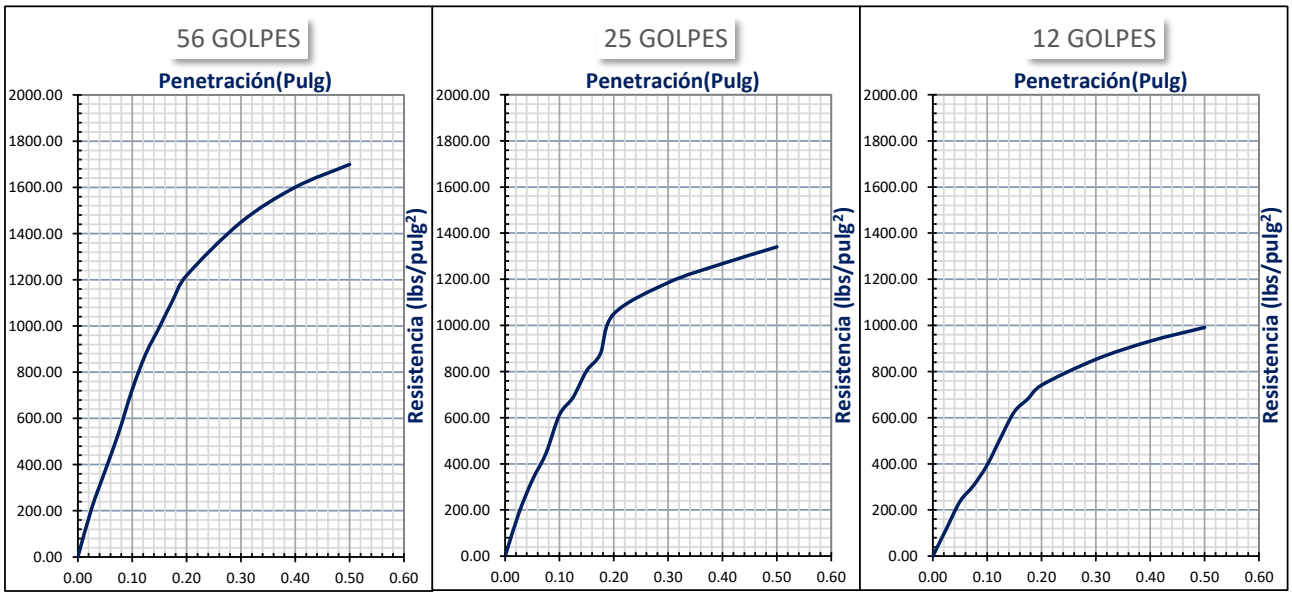
IV.- FECHA DE ENSAYO

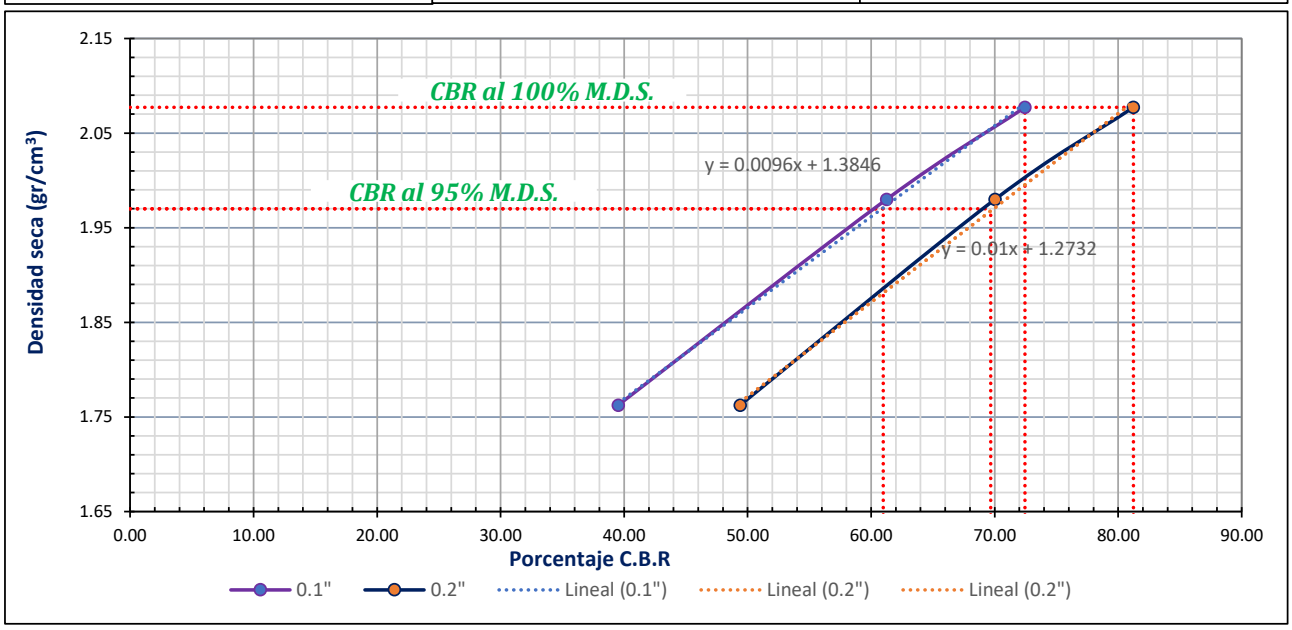
Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (ASTM D1883)

Humedad óptima (%)	8.38
Máxima Densidad Seca (gr/cm^3)	2.073
0.95% M.D.S	1.97

C.B.R.AL 100% : 01"	72.45
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	60.98
C.B.R.AL 100% : 02"	81.23
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	69.68





UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tisec Gustavo Adolfo

IV.- FECHA DE ENSAYO

Fecha Inicio: Mayo del 2025
Fecha Termino: Mayo del 2025

ENSAYO DE CBR

GEOSINTETICO:
MÁXIMA DENSIDAD SECA: 2.076 gr/cm3
HUMEDAD ÓPTIMA: 8.43 %
CBR 0.95 MDS: 0.1" 57.70 %

CALCULO DE RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)						
CALICATA N°	CANTERA LA VICTORIA + AGUA PLAYA SAN JOSÉ					
Molde N°	7		8		9	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de golpes	56		25		12	
Condición de muestra	*NO SATURADO*	*SATURADO*	*NO SATURADO*	*SATURADO*	*NO SATURADO*	*SATURADO*
Peso de suelo + molde (gr)	**9,075**	**9,100**	**8,770**	**8,950**	**8,365**	**8,640**
Peso molde (gr)	**4,215**	**4,215**	**4,165**	**4,165**	**4,120**	**4,120**
Peso suelo compactado (gr)	4,860	4,885	4,605	4,785	4,245	4,520
Volumen del suelo (cm3)	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**	**2,159**
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.251	2.262	2.133	2.216	1.966	2.093
Densidad seca (gr/cm3)	2.075	1.972	1.967	1.923	1.807	1.803
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr)	**14.02**	**14.11**	**13.73**	**14.79**	**14.64**	**13.80**
Tara + suelo húmedo (gr)	**65.01**	**59.80**	**74.67**	**63.40**	**65.84**	**70.71**
Tara + suelo seco(gr)	**61.02**	**53.93**	**69.95**	**56.98**	**61.71**	**62.81**
Peso de agua (gr)	3.99	5.87	4.72	6.42	4.13	7.90
Peso de suelo seco (gr)	47.00	39.82	56.22	42.19	47.07	49.01
Humedad (%)	8.49	14.74	8.40	15.22	8.77	16.12

EXPASIÓN

Fecha	*Hora*	*Tiempo*	*Lectura*	*Expansión*		*Lectura*	*Expansión*		*Lectura*	*Expansión*	
		Hr	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*	*Deformación*	*(mm)*	*(%)*
05/05/2025	12:00	0	**0.624**	0.000	0.000	**2.290**	0.000	0.000	**6.400**	0.000	0.000
06/05/2025	12:00	24	**1.354**	0.730	0.619	**3.050**	0.760	0.644	**7.405**	1.005	0.852
07/05/2025	12:00	48	**1.690**	1.066	0.903	**3.150**	0.860	0.729	**7.740**	1.340	1.136
08/05/2025	12:00	72	**1.694**	1.070	0.907	**3.110**	0.820	0.695	**8.010**	1.610	1.364
09/05/2025	12:00	96	**1.720**	1.096	0.929	**3.600**	1.310	1.110	**8.500**	2.100	1.780

CALCULO DE RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

Penetración		*Carga Standard*	*Molde N°*	*7*			*Molde N°*	*8*			*Molde N°*	*9*		
			Carga	*Corrección*			*Carga*	*Corrección*			*Carga*	*Corrección*		
(mm)	*(pulg.)*	*(lbs/pulg²)*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*	*L*	*lbs*	*lbs/pulg²*	*%*
0.000	0.000		**0.0**	0	0		**0.0**	0	0		**0.0**	0	0	
0.640	0.025		**48.0**	563.10	187.70		**41.0**	493.94	164.65		**21.0**	296.34	98.78	
1.270	0.050		**98.0**	1057.10	352.37		**85.0**	928.66	309.55		**57.0**	652.02	217.34	
1.910	0.075		**148.0**	1551.10	517.03		**119.0**	1264.58	421.53		**78.0**	859.50	286.50	
2.540	**0.100**	***1000***	**205.0**	2114.26	704.75	**70.48**	**165.0**	1719.06	573.02	**57.30**	**105.0**	1126.26	375.42	**37.54**
3.180	0.125		**252.0**	2578.62	859.54		**194.0**	2005.58	668.53		**142.0**	1491.82	497.27	
3.810	0.150		**287.0**	2924.42	974.81		**229.0**	2351.38	783.79		**175.0**	1817.86	605.95	
4.450	0.175		**323.0**	3280.10	1093.37		**251.0**	2568.74	856.25		**191.0**	1975.94	658.65	
5.080	**0.200**	***1500***	**355.0**	3596.26	1198.75	**79.92**	**292.0**	2973.82	991.27	**66.08**	**210.0**	2163.66	721.22	**48.08**
7.620	0.300		**425.0**	4287.86	1429.29		**344.0**	3487.58	1162.53		**244.0**	2499.58	833.19	
10.160	0.400		**471.0**	4742.34	1580.78		**369.0**	3734.58	1244.86		**268.0**	2736.70	912.23	
12.700	0.500		**501.0**	5038.74	1679.58		**392.0**	3961.82	1320.61		**288.0**	2934.30	978.10	

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Región: Lambayeque *Provincia:* Lambayeque *Distrito:* Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tisec Gustavo Adolfo

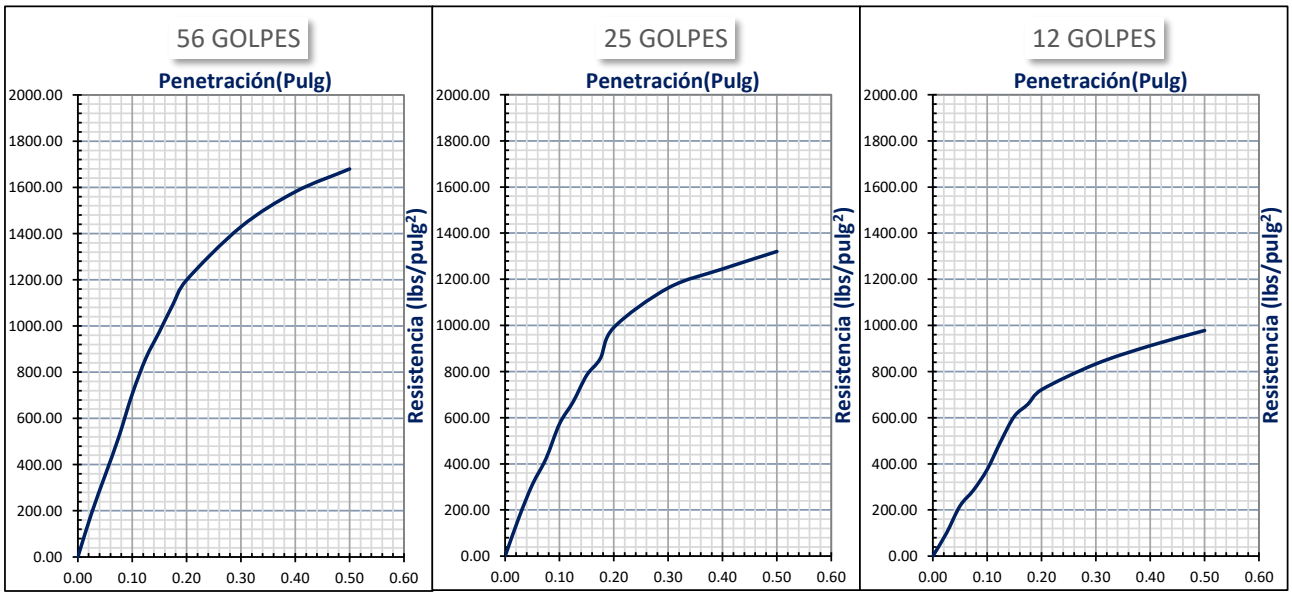
IV.- FECHA DE ENSAYO

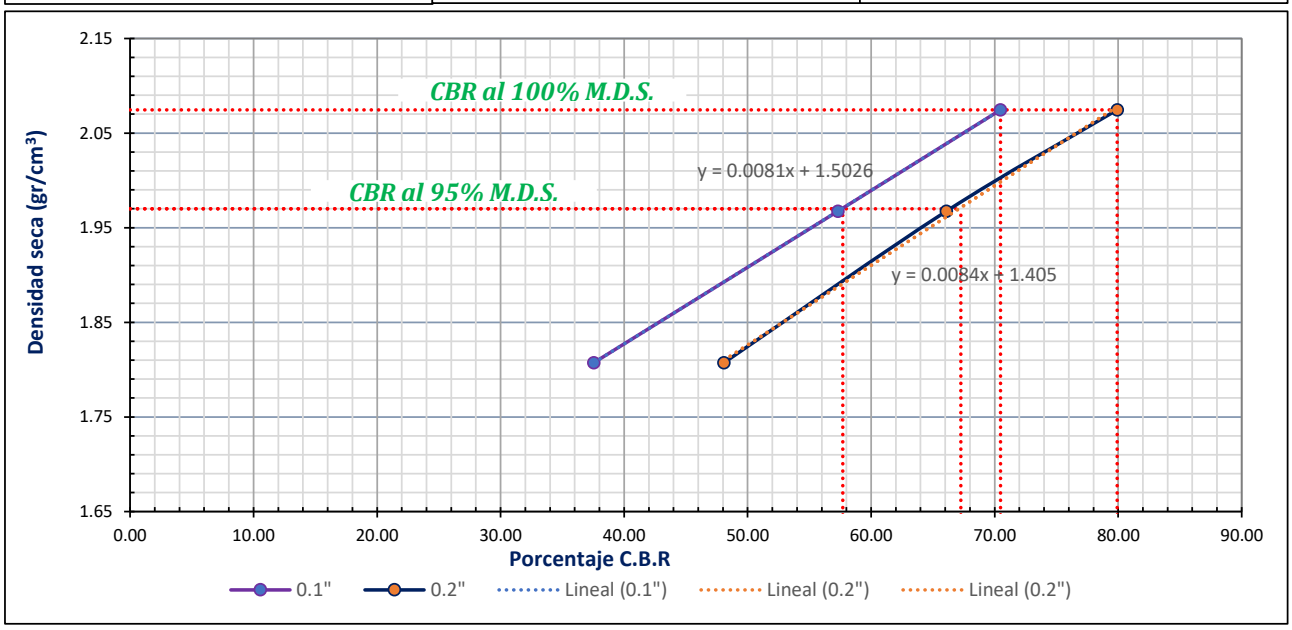
Fecha Inicio: Abril del 2025
Fecha Termino: Abril del 2025

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (ASTM D1883)

Humedad óptima (%)	8.43
Máxima Densidad Seca (gr/cm^3)	2.076
0.95% M.D.S	1.97

C.B.R.AL 100% : 01"	70.48
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	57.70
C.B.R.AL 100% : 02"	79.92
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	67.26





COSTO UNITARIO DE USO DE AGUA DE MAR

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO" FACULTAD
DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN
Región: Lambayeque

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO
Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tisec Gustavo Adolfo

CALCULO DE COSTO POR USO DE AGUA DE RIO

Datos:

CALCULO DEL RENDIMIENTO

Capacidad cisterna:	3500	gl	1 gl = 3.785 lt	13.2475	m3	Tiempo Recorrido Cargado	45.00	'	
Distancia a obra	30	Km (Distancia de captación a la obra)				Tiempo Recorrido Descargado	25.71	'	
Velocidad cargada:	40	Km/h				Tiempo de Carga y Descarga	23.55	'	
Veloc. descargada:	70	Km/h				Tiempo total de un ciclo de trabajo:	94.27	'	
Tiempo efectivo:	90%					Tiempo Efectivo (95%) 8hx60'	432.00	Min.	
Veloc llenado Cisterna:	15	litros/seg			min	Número de Ciclos por Día:	4.58	veces	
Veloc riego de Cisterna:	25	litros/seg			min	Vol. Transportado x día -->	**60.71**	m3/dia	

Rendimiento: 60.711 m3/dia

RECURSOS:		UNIDAD	CANT	P. UNIT	SUBTOTAL	TOTAL
- Cisterna	1	HM	0.1318	200.00	26.360	26.360
- Oficial	1	HH	0.1318	22.410	2.954	
- Peones	1		0.1318	20.290	2.674	5.628
- HERRAMIENTAS		%	0.03	5.628	0.169	0.169
				COSTO DIRECTO S/.		**32.157**

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN
Región: Lambayeque :

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO
Tesista: Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista: Bach. Salazar Tisec Gustavo Adolfo

CALCULO DE COSTO POR USO DE AGUA DE MAR

Datos:

CALCULO DEL RENDIMIENTO

Capacidad cisterna:	3500	gl	1 gl = 3.785 lt	13.2475	m3	Tiempo Recorrido Cargado	1.50	'	
Distancia a obra	1	Km (Distancia de captación a la obra)				Tiempo Recorrido Descargado	0.86	'	
Velocidad cargada:	40	Km/h				Tiempo de Carga y Descarga	23.55	'	
Veloc. descargada:	70	Km/h				Tiempo total de un ciclo de trabajo:	25.91	'	
Tiempo efectivo:	90%					Tiempo Efectivo (95%) 8hx60'	432.00	Min.	
Veloc llenado Cisterna:	15	litros/seg			min	Número de Ciclos por Día:	16.67	veces	
Veloc riego de Cisterna:	25	litros/seg			min	Vol. Transportado x día -->	**220.89**	m3/dia	

Rendimiento: 220.892 m3/dia

RECURSOS:		UNIDAD	CANT	P. UNIT	SUBTOTAL	TOTAL
- Cisterna	1	HM	0.0362	200.00	7.240	7.240
- Oficial	1	HH	0.0362	22.410	0.811	
- Peones	1		0.0362	20.290	0.734	1.546
- HERRAMIENTAS		%	0.03	1.546	0.046	0.046
				COSTO DIRECTO S/.		**8.832**

PANEL FOTOGRÁFICO

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- INFORME FOTOGRAFICO



Extracción de afirmado material de cantera- Tres Tomas	FOTO 01



Extracción de muestra de afirmado material de cantera- San Nicolas	FOTO 02



Extracción de la maquinaria en cantera – San Nicolas	FOTO 03



Material de afirmado – Cantera San Nicolas	FOTO 04

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

IV.- INFORME FOTOGRAFICO



Extracción de muestra de material de – Cantera Patapo La Victoria	FOTO 05



Etiquetado de muestras de material de afirmado- Cantera Patapo La Victoria	FOTO 06



Material de afirmado cantera – Patapo La Victoria	FOTO 07



Entrada de la cantera- Patapo La Victoria	FOTO 08

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



Extracción de muestra del agua de mar- Playa de Pimentel	FOTO 09



Muestra de agua de mar- Playa de Pimentel	FOTO 10



Extracción de muestra del agua de mar- Playa de San José	FOTO 11



Muestra de agua de mar- Playa de San José	FOTO 12

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



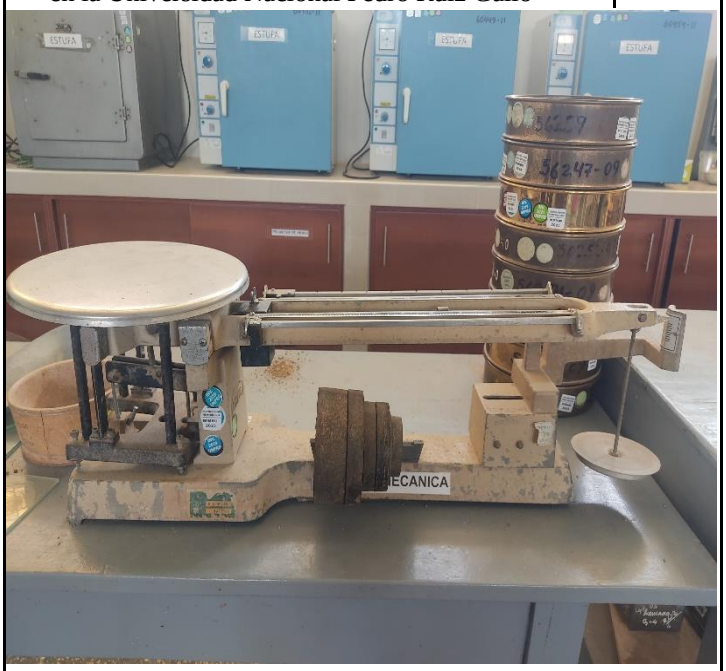
Secado de muestra antes de realizar los ensayos.	FOTO 13



Secado de las tres muestras de material de cantera en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	FOTO 14



Ensayo Granulometría (Procedimiento) : Pesado de las muestras	FOTO 15



Balanza mecánica utilizada dentro del laboratorio de mecánica de suelos de la facultad- FICSA	FOTO 16

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



Ensayo Granulometría (Procedimiento): Tamizado de material de afirmado	FOTO 17



Ensayo Granulometría: Muestras de material de afirmado tamizadas por N° de Tamiz	FOTO 18



Ensayo Granulometría (Procedimiento): Pesado de material tamizado de acuerdo al N° de tamiz	FOTO 19



Ensayo Grabulometría (Procedimento): Muestras de material de cantera para ser tamizadas	FOTO 20

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



Tamices utilizados para realizar los ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos de la facultad-FICSA	FOTO 21



Ensayo L.L y L.P: Tamizado del material de afirmado para realizar el	FOTO 22



Muestras de material de afirmado de las tres cantera parea realizar los ensayos de- L.L y L.P	FOTO 23



Ensayo Limite Liquido - procedimiento: luego del golpeo en la copa de casagrande	FOTO 24

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



Extracción de muestra de agua de mar para realizar las combinaciones con el material de cantera para ensayos	FOTO 25



Espátula utilizada para los ensayos de L.L- L.P dentro del laboratorio de mecánica de suelos-FICSA	FOTO 26



Ensayo limite plástico - procedimiento: Formación de rollos con un diámetro aproximado de 3.2 mm	FOTO 27



Material utilizado para la formación de los rollos en el ensayo de limite plástico	FOTO 28

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



Ensayo Granulometría (Procedimiento): Pesado de material de cantera (afirmado) en la balanza de precisión	FOTO 29



Ensayo Granulometría (Procedimiento): Lavado de material por la malla N° 200	FOTO 30



Lavado del material de cantera (afirmado)para la eliminación de finos	FOTO 31



Muetras de material de afirmado de las tres canteras luego del lavado por la malla N° 200	FOTO 32

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



Ensayo Granulometría: Colocación de las muestras en el horno para ser secadas por 24 horas	FOTO 33



Horno de laboratorio con una temperatura de:105 °C a 110 °C para secar muestras de suelo	FOTO 34



Ensayo Granulometría: Extracción de las muestras ya secas luego de haber pasado 24 horas de su colocación	FOTO 35



Ensayo Granulometría (Procedimiento): Muestras secas de las tres canteras (material de afirmado)	FOTO 36

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

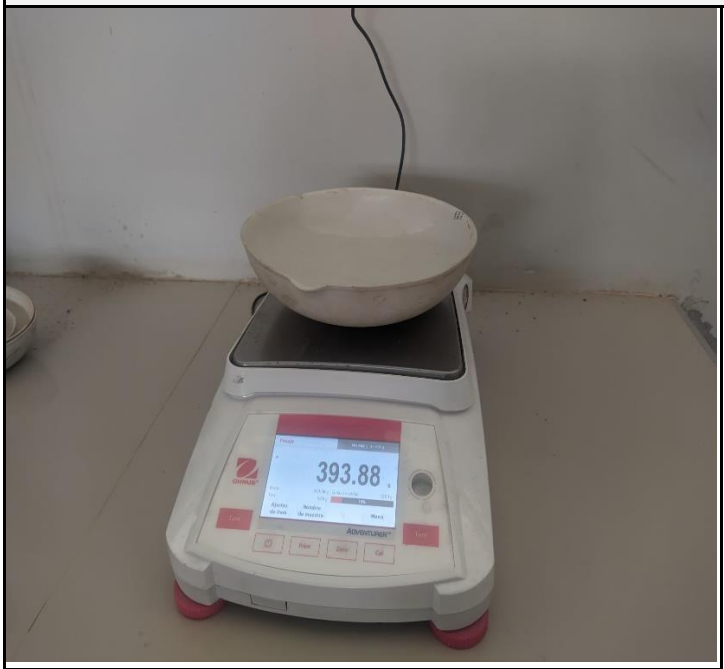
II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



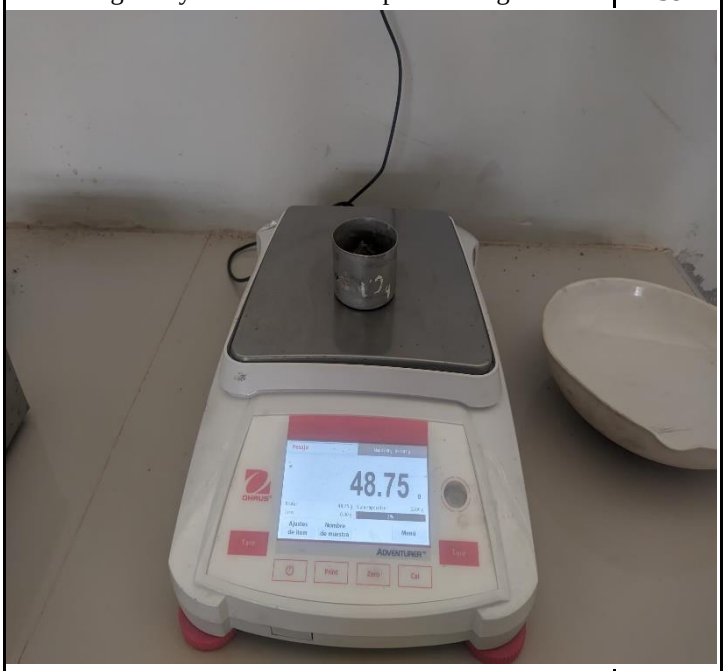
Ensayo Granulometría (Procedimiento): Pesado de tara (plato de porcelana)	FOTO 37



Ensayo Limite Liquido - procedimiento: Mezcla homogénea y uniforme en la copa de Casagrande	FOTO 38



Ensayo Limite Liquido - procedimiento: Golpeo con la copa de Casagrande	FOTO 39



Ensayo Limite Liquido - procedimiento: Pesado de muestra húmeda extraída de la copa de Casagrande	FOTO 40

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



Ensayo Limite Liquido - procedimiento: Pesado de muestras secas luego de colocar al horno	FOTO 41



Ensayo de Abrasión: Tamizado de muestra	FOTO 42



Ensayo de Abrasión: Preparación de muestra antes de entrar a la máquina de Los Ángeles	FOTO 43



Máquina de Los Ángeles para realizar el ensayo de Abrasión	FOTO 44

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



Ensayo Proctor Modificado: Compactación de capa en el molde	FOTO 45



Ensayo Proctor Modificado: Enrasado de material en molde luego de la compactación	FOTO 46



Ensayo Proctor Modificado: Pesado de muestra compactada, más el molde	FOTO 47



Ensayo Proctor Modificado: Extracción de muestra compactada para su contenido de humedad	FOTO 48

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



Ensayo Proctor Modificado: Humedecimiento y mezcla la muestra pasante por el tamiz 40	FOTO 49



Ensayo Proctor Modificado: Molde y collar	FOTO 50



Ensayo Contenido de humedad - procedimiento: Pesado de muestra de afirmado (material de cantera) antes de colocar al horno	FOTO 51



Ensayo Contenido de Humedad - procedimiento: Pesado de muestra de afirmado (material de cantera)	FOTO 52

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

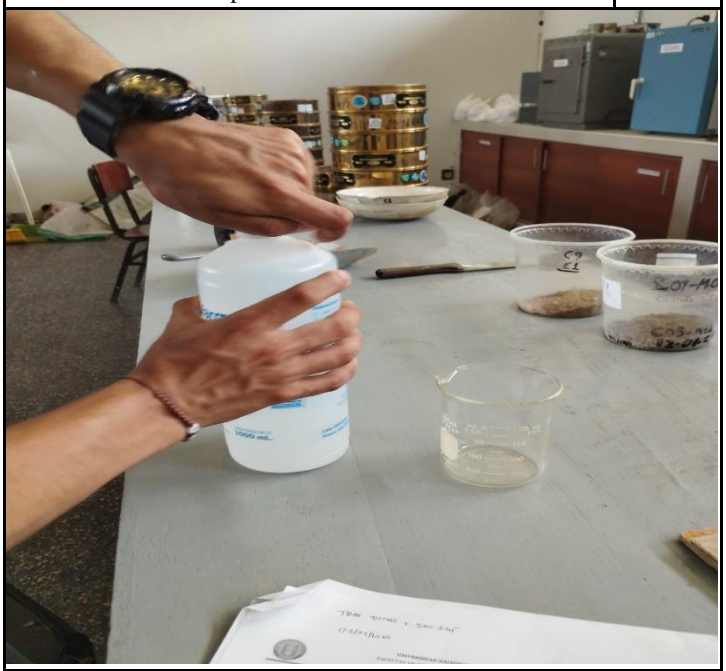
III.- INFORME FOTOGRAFICO



Ensayo Sales Totales: Agua destilada utilizada para extraer las sales solubles presentes en las muestras de suelo	FOTO 53



Ensayo Sales Totales: Pesado de la cantidad de muestra seca para realizar el sensayo	FOTO 54



Ensayo Sales Totales (Procedimiento): Medición de la cantidad de agua destilada que será añadida a la muestra	FOTO 55



Ensayo Sales Totales: Embudo utilizado en el proceso de filtración	FOTO 56

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



Ensayo Sales Totales: Vaso medidor de 120 ml utilizado para el proceso de filtración	FOTO 57



Ensayo Sales Totales: Vaso medidor de 200 ml utilizado para medir el agua destilada	FOTO 58



Ensayo Sales Totales: Muestras de las tres canteras utilizadas con las combinaciones de agua de mar	FOTO 59



Ensayo Sales Totales (Procedimiento): Pasado las 24 horas en el horno las muestras que contenían el agua filtrada se evaporo, quedando solo las sales	FOTO 60

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



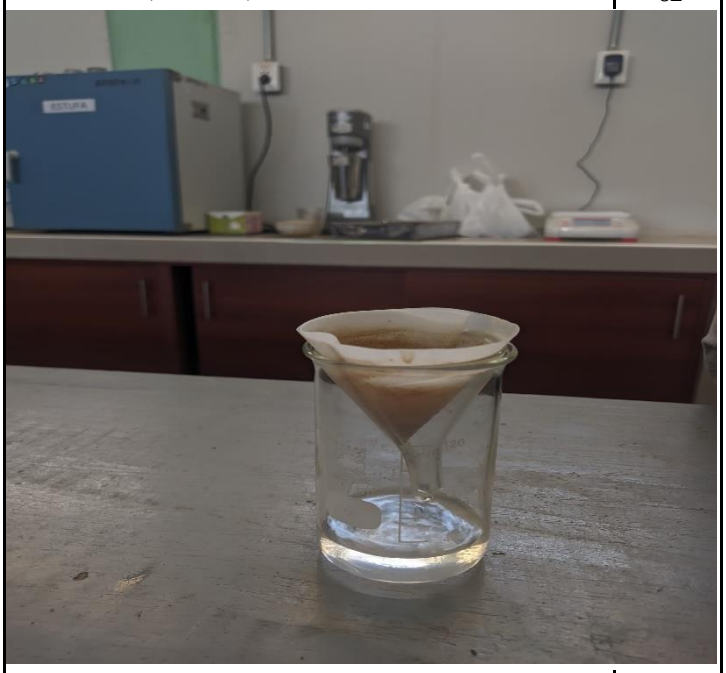
Ensayo Sales Totales: Colocación de agua destila a las muestras de material de cantera	FOTO 61



Ensayo Sales Totales: Muestras de material de cantera (afirmado)	FOTO 62



Ensayo Sales Totales: Muestras pasadas las 24 horas de su colocación	FOTO 63



Ensayo Sales Totales: Muestra de afirmado+ agua destilada pasando el papel filtro	FOTO 64

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



Ensayo Sales Totales: Muestra de afirmado+ agua de mar de playa de Pimentel filtrándose	FOTO 65



Ensayo CBR: Molde utilizado de 6" para el ensayo	FOTO 66



Ensayo CBR: Preparación de muestra para realizar el ensyo	FOTO 67



Ensayo CBR: Compactación con pison, para 56 golpes por capa	FOTO 68

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



Ensayo CBR: Compactación con el pison a 25 golpes por capa	FOTO 69



Ensayo CBR: Pesas utilizadas para brindar estabilidad y soporte al molde	FOTO 70



Ensayo CBR: Moldes compactados con la muestra para : 56, 25 y 12 golpes	FOTO 71



Ensayo CBR - procedimiento: Moldes compactados sumergidos en el agua por 4 días	FOTO 72

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



Ensayo CBR: Lectura de la deformación con el dial de presión	FOTO 73



Ensayo CBR: Lectura de deformación con el dial de presión en el día 2	FOTO 74



Ensayo CBR: Muestra colocada en la prensa de penetración	FOTO 75



Ensayo CBR-Penetración: Lectura de penetración para diferente presión según la normativa establecida	FOTO 76

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



Ensayo CBR: Lectura de penetración en la prensa para los diferentes moldes de acuerdo a la combinación de agua de mar y el material de cantera	FOTO 77



Ensayo CBR: Dial utilizado para medir la deformación en cada día que pasa inmersa la muestra	FOTO 78



Ensayo CBR: Pison mecánico utilizado para la compactación de muestras	FOTO 79



Ensayo CBR-Contenido de Humedad: Pesado de muestra húmeda extraída de una muestra CBR	FOTO 80

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



Ensayo CBR: Pesado de la muestra seca para determinar el contenido de humedad	FOTO 81



Ensayo CBR: Muestras colocadas al horno para contenido de humedad	FOTO 82



Tamiz N°:3/4" utilizada para el ensayo CBR – Por donde pasa la muestra de afirmado (material de cantera)	FOTO 83



Muestras de agua de mar: Utilizadas para las combinaciones con las muestras de afirmado en los diferentes ensayos	FOTO 84

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



Ensayo CBR: Vástago , colocado sobre la muestra compactada dentro del molde	FOTO 85



Ensayo CBR: Papel filtro colocado luego de voltear el molde cumpliendo la función de separar	FOTO 86



Ensayo CBR: Balanza digital con precisión de 0.1 g	FOTO 87



Ensayo CBR: Pesas, colocadas sobre el molde y el vástago para simular la presión real	FOTO 88

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



Foto 1: Phmetro utilizado para determinar el PH de cada muestra.*	FOTO 89



Foto 2: Conductivimetro utilizado para determinar la salinidad de las muestras.*	FOTO 90

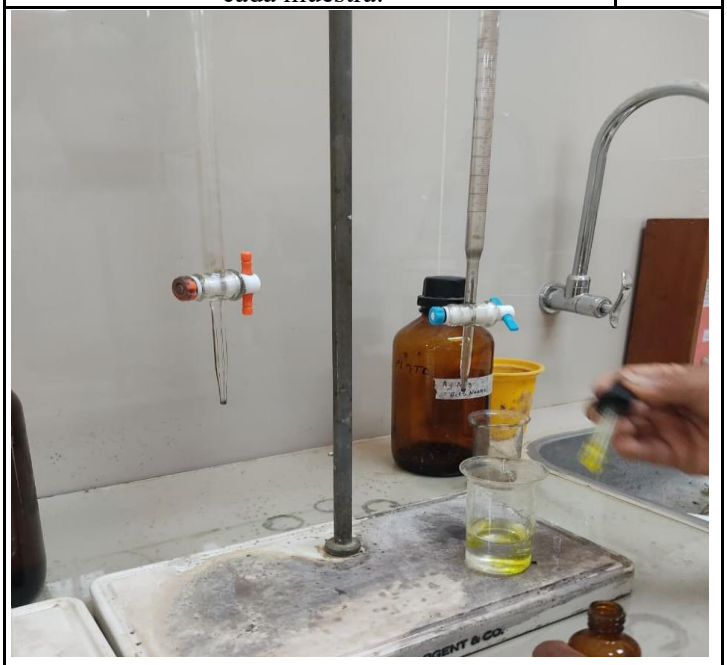


Foto 3: Bureta para metodo de titulacion para ensayo de cloruros.*	FOTO 91



Foto 4: Reaccion (cambio de color por el nitrato de plata) para el metodo de titulacion.*	FOTO 92

REPORTE FOTOGRÁFICO

I.- PROYECTO DE TESIS:

"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO"

II.- UBICACIÓN

Localización:	Zona Costera Peruana

III.- RESPONSABLES DEL PROYECTO

Tesista:	Bach. Ordoñez Arteaga Luis Alfredo
Tesista:	Bach. Salazar Tinsec Gustavo Adolfo

III.- INFORME FOTOGRAFICO



Foto 5: Colocación de tubos de ensayo con las muestras para el ensayo de sulfatos.*	FOTO 93

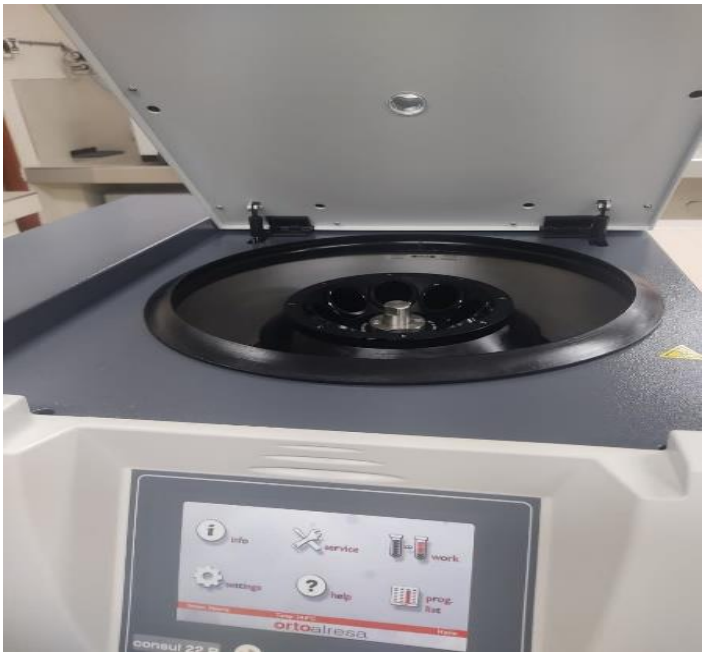


Foto 6: Centrifuga de laboratorio con tubos para el ensayo de sulfatos.*	FOTO 94



Foto 7: Ph Metro De Laboratorio.*	FOTO 95



Foto 8: Conductivimetro De Laboratorio.*	FOTO 96

CONSTANCIAS

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CONSTANCIA N°011-2025-FICSA-LMS

El que suscribe director del Departamento Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil de Sistemas y Arquitectura, de la UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO,

HACE CONSTAŔ:

Que, los alumnos en Ingeniería Civil:

ORDOÑEZ ARTEAGA LUIS ALFREDO Y SALAZAR TINSEC GUSTAVO ADOLFO

Ha realizado ensayos de Mecánica de Suelos en este Laboratorio, desde el 05 de marzo del 2025, al 17 de marzo del 2025; en lo concerniente a:

TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD
• Contenido de humedad	03 ensayos
• Análisis Granulométrico	03 ensayos
• Limite liquido	09 ensayos
• Limite plástico	09 ensayos
• Clasificación sucs	03 ensayos
• Clasificación aastho	03 ensayos
• Sales totales	11 ensayos
• Abrasión	03 ensayos

Para el Proyecto de Tesis, denominado: "**INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACION DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HIDRICO**"

Se expide la presente, a solicitud de los interesados para los fines que estimen conveniente.

Lambayeque, junio 19 del 2025.

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL SISTEMAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL
DIRECTOR
U.N.P.R.G.

DR. ING. JUAN HERMAN FARIAS FEIJOO
JEFE - DAIC

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA

LABORATORIO DE PAVIMENTOS

CONSTANCIA Nº003-2025-FICSA

El que suscribe director del Departamento Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil de Sistemas y Arquitectura, de la UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO,

HACE CONSTAR:

Que, los alumnos en Ingeniería Civil:

ORDOÑEZ ARTEAGA LUIS ALFREDO y SALAZAR TINSEC GUSTAVO ADOLFO

Ha realizado ensayos de Pavimentos en este Laboratorio, desde el 01 de abril al 23 de mayo del 2025; en lo concerniente a:

TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD
Proctor modificado	09 ensayos
CBR	09 ensayos

Laboratorio de Pavimentos

Para el Proyecto de Tesis, denominado: **"INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN EL AFIRMADO Y SUS COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA EN ZONAS COSTERAS DE BAJO RECURSO HÍDRICO".**

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Lambayeque, mayo 09 del 2025.

DIRECTOR

DR. ING. JUAN HERMAN FARIAS FEIJOO
DIRECTOR (e) DAIC FICSA



SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES

Ca. BRITALDO GONZALES Nº 183 – PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION Nº 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE Nº S0090112

LABORATORIO SEGENMA

RESULTADOS DE ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO

SOLICITANTE: LUIS ALFREDO ORDOÑEZ ARTEAGA
GUSTAVO ADOLFO SALAZAR TINSEC
PROYECTO: INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADO PARA LA CONFORMACION DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA S EN ZONAS COSTERAS DE BAJOS RECURSOS HIDRICOS
UBICACIÓN: PROVINCIA. CHCICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE
NORMA: NTP 339.08

ASUNTO: Analisis Químico de Muestra de Suelo
FECHA: 19 MAYO 2025

Muestra	P.H	p.p.m		
		Sales Totales	Cloruros	Sulfatos
Cntera: Tres Tomas	8.04	345.60	150.5	132.0
Cntera: La Victoria	7.86	192.00	89.4	71.0
Cntera: San Nicolas	8.27	104.90	55.6	30.4

Limites permisibles según NTP 339.177

Descrippción	Límite Permisible
1.- Sulfato (lón SO4)	600 p.p.m máximo
2.- Cloruros (lón Cl)	1000 p.p.m máximo
3.- Ph	**5 a 8**

Leonidas Murga Vasquez
TÉCNICO LABORATORIO

SERVICIO DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES
SEGENMA

Luismer Flores Acosta
Ingº Civil
CIP. 165085



SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES

Ca. BRITALDO GONZALES Nº 183 – PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION Nº 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE Nº S0090112

LABORATORIO SEGENMA

RESULTADOS DE ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO

SOLICITANTE: LUIS ALFREDO ORDOÑEZ ARTEAGA
GUSTAVO ADOLFO SALAZAR TINSEC

PROYECTO: INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR EN LOS COMPONENTES DEL AFIRMADO UTILIZADO PARA LA CONFORMACION DE BASES GRANULARES COMO ALTERNATIVA S EN ZONAS COSTERAS DE BAJOS RECURSOS HIDRICOS

UBICACIÓN: PROVINCIA. CHCICLAYO DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE

NORMA: NTP 339.08

ASUNTO: Analisis Químico de Muestra de Agua

FECHA: 19 MAYO 2025

Muestra	P.H	p.p.m		
		Sales Totales	Cloruros	Sulfatos
Agua de Mar Distrito: San José	6.69	29760.00	13385.0	11120.0
Agua de Mar Distrito: Pimentel	6.67	29632.00	12897.1	13210.0

Limites permisibles según NTP 339.088

Descrippción	Límite Permisible
1.- Sulfato (Ión SO4)	300 p.p.m máximo
2.- Cloruros (Ión Cl)	300 p.p.m máximo
3.- Ph	>7

Leonidas Murga Vasquez
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIO DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES
SEGENMA

Luismer Flores Acosta
Ingº Civil
CIP. 165085