

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

ESCUELA DE POSTGRADO



COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS-TALARA-PIURA, 2018

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN TRANSPORTES Y CONSERVACIÓN VIAL

AUTOR: Chávez Bulnes, Erick May.

ASESOR: Oyola Zapata, Diómedes Marcos Martín.

FECHA DE SUST. 2019 – 05 – 27

TRUJILLO, PERU

2019.

DEDICATORIA

A Dios y a mi madre Lucy, por brindarme su amor, apoyo y comprensión, durante esta etapa de cumplir mis metas, quien ha creído en mí siempre dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo. Pilar y Thirza, personas muy importantes en mi vida quienes son un gran apoyo y fortaleza para mí, siempre me han ayudado a seguir adelante para conseguir cada meta propuesta.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, por darme la oportunidad de vivir y estar conmigo en cada momento, fortalecer mi corazón en cada adversidad y por haberme hecho mejor persona profesionalmente.

A los profesionales Ing. Diomedes Marcos Martin Oyola Zapata e Ing. Jesus Isaac Coronado Arellano, amigos y maestros, por su apoyo incondicional en esta etapa de mi camino profesional.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se centró en una nueva técnica de estabilización y/o aumento de las propiedades físico-mecánicas de la sub-rasante ubicada en la en la vía a la Cantera Santa Rita del distrito de Pariñas, de la provincia de Talara, del departamento de Piura. Donde se justifica socialmente ya que servirá como reseña a otros profesionales e investigadores, de manera metodológica pues representa una manera compleja se utilizó las técnicas de recolección de datos como la observación, exploración y análisis documental, para la obtención de datos. Para la aplicación práctica de las dos estabilizaciones se tomó como referencia la calicata 2 tiene un California Bearing Ratio IN SITU (inicial) de 30.39%. Para métodos prácticos y para obtener una misma relación en proporciones y resultados se ha tomado en consideración que tanto para el Cloruro de Sodio (NaCl) y el Cloruro De Magnesio (Mg Cl₂) o Bischofita, se elaboren las pruebas y ensayos en proporciones del 5%, 10%, 15% y 20%. De los estudios realizados podemos afirmar, que el valor óptimo de estabilización para una mezcla de IN SITU + Cloruro De Magnesio (Mg Cl₂) es de 80% de muestra + 20% de Cloruro De Magnesio (Mg Cl₂), obteniendo un California Bearing Ratio (CBR) de 81.43%. Y con respecto al Cloruro de Sodio (Na Cl), el valor óptimo de estabilización para una mezcla IN SITU + Cloruro de Sodio (Na Cl) es de 95% de muestra + 5% de Cloruro de Sodio (NaCl), obteniendo un California Bearing Ratio (CBR) de valor de 42.82%.

PALABRAS CLAVES: Bischofita, Cloruro de Sodio (Na Cl), California Bearing Ratio (CBR), Subrasante.

ABSTRACT

The present research project focused on a new stabilization technique and / or an increase in the physical-mechanical properties of the subgrade located on the road to the Santa Rita quarry in the district of Pariñas, in the province of Talara, from the department of Piura. Where it is justified socially as it will serve as a review to other professionals and researchers, in a methodological way because it represents a complex way, data collection techniques such as observation, exploration and documentary analysis were used to obtain data. Calicata 2 has a California Bearing Ratio IN SITU (initial) of 30.39% for the practical application of the two stabilizations. For practical methods and to obtain the same ratio in terms of proportions and results, it has been taken into consideration that for both Sodium Chloride (NaCl) and Magnesium Chloride (Mg Cl₂) or Bischofite, the tests and trials are elaborated in proportions of 5 %, 10%, 15% and 20%. From the studies carried out we can affirm, that the optimal stabilization value for a mixture of IN SITU + Magnesium Chloride (Mg Cl₂) is 80% of sample + 20% of Magnesium Chloride (Mg Cl₂), obtaining a California Bearing Ratio (CBR) of 81.43%. And with respect to Sodium Chloride (NaCl), the optimal stabilization value for an IN SITU + Sodium Chloride (Na Cl) mixture is 95% sample + 5% Sodium Chloride (NaCl), obtaining a California Bearing Ratio (CBR) with a value of 42.82%.

KEY WORDS: Bischofite, Sodium Chloride (Na Cl), California Bearing Ratio (CBR), Subgrade.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE	vi
INDICE DE CUADROS	x
INDICE DE FOTOGRAFIAS	xi
INDICE DE GRAFICOS	xiv
CAPITULO I	1
INTRODUCCION	2
1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA	2
1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	3
1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS	3
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	9
2. HIPÓTESIS.....	10
2.1 HIPOTESIS GENERAL	10
2.2 HIPOTESIS ESPECÍFICA	10
3. OBJETIVOS	11
3.1 OBJETIVO GENERAL	11

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
4. MARCO TEÓRICO.....	12
4.2 MARCO CONCEPTUAL.....	15
CAPITULO II.....	22
2. DISEÑO METODOLOGICO.....	23
2.1 MATERIAL DE ESTUDIO.....	23
2.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	29
2.3 ÁREA DE ESTUDIO.....	29
2.3 DEFINICIÓN DE LA POBLACION MUESTREAL	29
2.4 MUESTRA.....	29
2.6 MÉTODOS, PROCEDIMIENTOS EINSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	30
2.6.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTOS	31
2.6.3 DISEÑO DEL CONTRASTACION.....	32
2.6.4 ANALISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN	33
2.7 VARIABLES	34
2.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	34
2.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE	34
CAPITULO III.....	38
RESULTADOS	38
CAPITULO IV.....	57
DISCUSION.....	58
CAPITULO V	60
CONCLUSIONES	61
CAPÍTULO VI.....	63

RECOMENDACIONES	64
CAPÍTULO VII	65
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	66
CAPÍTULO VIII	68
ANEXOS	68
ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA.	69
ANEXO 02: VISITA IN SITU DE LA ZONA DE ESTUDIO.	71
ANEXO 03: ESTUDIO DE SUELOS DE LA ZONA DE ESTUDIO.	77
CALICATA I.	77
CALICATA II.	82
CALICATA III.....	87
CALICATA IV.	92
CONTENIDO DE HUMEDAD (CALICATA: I, II, III, IV).....	97
ANEXO 04: ADICION DE LA BISCHOFITA (CLORURO DE MAGNESIO)	98
CALICATA II: MUESTRA IN SITU + BISCHOFITA AL 5%.	98
CALICATA II: MUESTRA IN SITU + BISCHOFITA AL 10%.	100
CALICATA II: MUESTRA IN SITU + BISCHOFITA AL 15%.	102
CALICATA II: MUESTRA IN SITU + BISCHOFITA AL 20%.	104
ENSAYOS QUIMICOS DE LA BISCHOFITA	106
ENSAYOS DE LABORATORIO DE CLORURO DE SODIO AL 5%	107
ENSAYOS DE LABORATORIO DE CLORURO DE SODIO AL 10%	111
ENSAYOS DE LABORATORIO DE CLORURO DE SODIO AL 15%	115
ENSAYOS DE LABORATORIO DE CLORURO DE SODIO AL 20%	119
ENSAYOS QUIMICOS DEL CLORURO DE SODIO	123
ANEXO 05: EXPLORACION DE SUELO.	124

CALICATA I.	124
CALICATA II.	126
CALICATA III.	127
CALICATA IV.	128
ANEXO 06: ENSAYOS DEL LABORATORIO.	129
ANEXO 07: ENSAYO EN EL LABORATORIO QUIMICO.	134

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01. Operacionalización de Variables	35
Cuadro N° 02. Clasificación por SUCS & AASHTO.....	41
Cuadro N° 03. Resumen Propiedades Físicas y Mecánicas de la Zona de Estudio.....	45
Cuadro N° 04. Calicata2: Muestra IN SITU + BISCHOFITA	46
Cuadro N° 05. Análisis Químico de la Bischofita.	49
Cuadro N° 06. Análisis Químico del Cloruro de Sodio (NaCl).....	54
Cuadro N° 07. Matriz de Consistencia.	69

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Ubicación Satelital de la zona de estudio.....	71
Fotografía 2. Urb. Santiago Salaverry	72
Fotografía 3. Urb. Santiago Salaverry	72
Fotografía 4. Inicio de la zona de estudio, en la vía a la cantera Santa Rita, Progresiva 0+250.	73
Fotografía 5. Reconocimiento de Campo. Prog. 0+500.....	74
Fotografía 6. Reconocimiento de Campo. Prog. 0+750.....	74
Fotografía 7. Reconocimiento de campo, Prog. 1+000.	75
Fotografía 8. Progresiva 1+000. Bajada a la Cantera Santa Rita.	75
Fotografía 9. Cantera Santa Rita.....	76
Fotografía 10. Bajada a la Cantera Santa Rita.	76
Fotografía 11. Análisis Granulométrico por tamizado.	77
Fotografía 12. Límites de Atterberg.....	78
Fotografía 13. Resistencia a degradación de agregados gruesos.	79
Fotografía 14. Prueba de Compactación.....	80
Fotografía 15. Ensayo de California Bearing Ratio.	81
Fotografía 16. Análisis Granulométrico por Tamizado.	82
Fotografía 17. Límites de Atterberg.....	83
Fotografía 18. Resistencia a degradación de agregados gruesos.	84
Fotografía 19. Prueba de compactación.....	85
Fotografía 20. Ensayo de California Bearing Ratio.	86
Fotografía 21. Análisis Granulométrico por tamizado.	87
Fotografía 22. Límites de Atterberg.....	88
Fotografía 23. Resistencia a degradación de agregados gruesos.	89
Fotografía 24. Prueba de Compactación.....	90
Fotografía 25. Ensayo de California Bearing Ratio.	91
Fotografía 26. Análisis Granulométrico por Tamizado.	92
Fotografía 27. Límites de Atterberg.....	93
Fotografía 28. Resistencia a degradación de agregados gruesos.	94

Fotografía 29. Prueba de Compactación.....	95
Fotografía 30. Ensayo de California Bearing Ratio.....	96
Fotografía 31. Contenido de Humedad por Exploración de terreno.....	97
Fotografía 32. Prueba de Compactación (Muestra In Situ +5% de Bischofita).....	98
Fotografía 33. Ensayo de California Bearing Ratio (Muestra In Situ +5% de Bischofita)	99
Fotografía 34. Prueba de Compactación (Muestra In Situ +10% de Bischofita).....	100
Fotografía 35. Ensayo de California Bearing Ratio (Muestra In Situ +10% de Bischofita) .	101
Fotografía 36. Prueba de Compactación (Muestra In Situ + 15% de Bischofita).....	102
Fotografía 37. Ensayo de California Bearing Ratio (Muestra In Situ + 15% de Bischofita)	103
Fotografía 38. Prueba de Compactación (Muestra In Situ +20% de Bischofita).....	104
Fotografía 39. Ensayo de California Bearing Ratio (Muestra In Situ +20% de Bischofita) .	105
Fotografía 40. Ensayos Químicos de la Bischofita.....	106
Fotografía 41. Análisis Granulométrico por Tamizado + Cloruro de Sodio al 5%.	107
Fotografía 42. Límites de Atterberg + Cloruro de Sodio al 5%.....	108
Fotografía 43. Prueba de compactación + Cloruro de Sodio al 5%.....	109
Fotografía 44. Ensayo de California Bearing Ratio + Cloruro de Sodio al 5%.....	110
Fotografía 45. Análisis Granulométrico por Tamizado + Cloruro de Sodio al 10%.	111
Fotografía 46. Límites de Atterberg + Cloruro de Sodio al 10%.....	112
Fotografía 47. Prueba de compactación + Cloruro de Sodio al 10%.....	113
Fotografía 48. Ensayo de California Bearing Ratio + Cloruro de Sodio al 10%.....	114
Fotografía 49. Análisis Granulométrico por Tamizado + Cloruro de Sodio al 15%.	115
Fotografía 50. Límites de Atterberg + Cloruro de Sodio al 15%.....	116
Fotografía 51. Prueba de Compactación + Cloruro de Sodio al 15%.....	117
Fotografía 52. Ensayo de California Bearing Ratio + Cloruro de Sodio al 15%.....	118
Fotografía 53. Análisis Granulométrico por Tamizado + Cloruro de Sodio al 20%.	119
Fotografía 54. Límites de Atterberg + Cloruro de Sodio al 20%.....	120
Fotografía 55. Prueba de Compactación + Cloruro de Sodio al 20%.....	121
Fotografía 56. Ensayo de California Bearing Ratio + Cloruro de Sodio al 20%.....	122
Fotografía 57. Ensayos Químicos del Cloruro de Sodio.....	123
Fotografía 58. Exploración de campo en la progresiva 0+250.	124
Fotografía 59. Exploración de Campo, excavación con Maquinaria JCB.	124

Fotografía 60. Exploración de Campo. Calicata 1.	125
Fotografía 61. Exploración de campo, profundidad de 1.50m.	125
Fotografía 62. Exploración de campo en la progresiva 0+500.	126
Fotografía 63. Exploración de campo, profundidad de 1.50m.	126
Fotografía 64. Exploración de campo en la progresiva 0+750.	127
Fotografía 65. Exploración de campo, profundidad de 1.50m.	127
Fotografía 66. Exploración de campo en la progresiva 1+000.	128
Fotografía 67. Exploración de campo, profundidad de 1.50m.	128
Fotografía 68. Cuarteo de Muestra.	129
Fotografía 69. Peso en balanza (gr.)	129
Fotografía 70. Utilización de Tamices para muestra.	130
Fotografía 71. Secado de Muestra.	130
Fotografía 72. Utilización de Cloruro de Magnesio Hexahidratado (Bischofita).	131
Fotografía 73. Abertura de Cloruro de Magnesio Hexahidratado (Bischofita).	131
Fotografía 74. Adición de Cloruro de Magnesio Hexahidratado (Bischofita) I.	132
Fotografía 75. Adición de Cloruro de Magnesio Hexahidratado (Bischofita) II.	132
Fotografía 76. Proporción de Mezcla con Cloruro de Magnesio Hexahidratado (Bischofita).	133
Fotografía 77. Ensayo de California Bearing Ratio con Cloruro de Magnesio Hexahidratado (Bischofita).	133
Fotografía 78. Adición del Reactivo con el Cloruro de Magnesio Hexahidratado (Bischofita) I.	134
Fotografía 79. Adición del Reactivo con el Cloruro de Sodio I.	134
Fotografía 80. Adición del Reactivo con el Cloruro de Magnesio Hexahidratado (Bischofita) II.	135
Fotografía 81. Adición del Reactivo con el Cloruro de Sodio II.	135
Fotografía 82. Preparación de Mezcla en Matraz Kitasato I.	136
Fotografía 83. Preparación de Mezcla en Matraz Kitasato II.	136

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Análisis granulométrico por tamizado.....	39
Gráfico 2. Humedad Natural (%)......	40
Gráfico 3. Límites de Atterberg.	42
Gráfico 4. Prueba de Compactación.	43
Gráfico 5. California Bearing Ratio.....	44
Gráfico 6. Prueba de Compactación + Bischofita.....	47
Gráfico 7. California Bearing Ratio + Bischofita.	48
Gráfico 8. Análisis Químico de la Bischofita.	49
Gráfico 9. Análisis Granulométrico por Tamizado + Cloruro de Sodio.....	50
Gráfico 10. Límites de Atterberg + Cloruro de Sodio.	51
Gráfico 11. Prueba de Compactación + Cloruro de Sodio (NaCl).	52
Gráfico 12. California Bearing Ratio + Cloruro de Sodio (NaCl).....	53
Gráfico 13. Análisis Químico del Cloruro de Sodio (NaCl).....	54
Gráfico 14. Comparación Del Cloruro De Magnesio (Mg Cl ₂) Frente Al Cloruro De Sodio (NaCl).	55

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

INTRODUCCION

1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

Para la construcción de futuros pavimentos o sobre carreteras no pavimentadas, es importante las condiciones iniciales del suelo de fundación, de ahí la necesidad de la estabilización y/o mejora de la subrasante, porque no siempre es óptimo el suelo de fundación, esto sucede alrededor del mundo desde los años 30's. La utilización de conglomerantes tiene como objetivo mejorar los factores iniciales de los suelos para corregir las propiedades y características de las zonas, en lo cual se han realizado estudios en diversas partes de los países del mundo, siendo una de las más arcaicas la estabilización con Cal y Sal, demostrando su efectividad en el progreso de la actuación a la compactación del suelo de fundación.

La principal problemática de los suelos naturales se representa en su inestabilidad, que muestran las carreteras de tipo no pavimentadas; por lo tanto, para aminorar este problema se usan diferentes metodologías de estabilización de suelos; una de las formas, es aquella que se realiza utilizando productos químicos no tóxicos que aportan a estos suelos una mejor conducta en su composición.

Según el Manual de Carreteras (2014, p.107), establece que la estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes, entre ellas la estabilización por cloruro de sodio es una técnica comúnmente usada para caminos no pavimentados, por lo tanto, para esta investigación se comparará la implementación del cloruro de magnesio (Bischofita) como un nuevo material estabilizante, frente al cloruro de sodio y analizar su comportamiento, ya que el cloruro de magnesio ($MgCl$), o comúnmente llamado bischofita, es un cloruro que tiene forma de cristal con un tono blanquesino, más efectivo que el cloruro de calcio el cual incrementa la tensión superficial de manera parcial o total produciendo una superficie de rodado más duradera.

En síntesis, se observa que existe un vacío en el conocimiento de la estabilización por medio del Cloruro de Magnesio (Bischofita), de manera puntual me referiré a la vía no

pavimentada la cual se ubica aledaña a la cantera Santa Rita. A su vez la presente investigación permitirá conocer y dar una alternativa solución mediante una nueva técnica de estabilización química usando el Cloruro de Magnesio (Bischofita). Comparando ese tipo de estabilización frente al Cloruro de Sodio ClNa), evaluando sus características y propiedades; y sus problemas y/o la situación de la vía no pavimentada encontrada en la Urb. Santiago Salaverry ENACE 03 del acceso principal a la Cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas, Provincia de Talara, Departamento de Piura.

1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es mejor, el cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de sodio como estabilizante químico para optimizar la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018?.

1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS

¿En qué medida la estabilización de suelo mediante el cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de sodio permitirá mejorar las propiedades físicas de la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018?.

¿En qué medida la estabilización de suelo mediante el cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de sodio permitirá mejorar las propiedades mecánicas de la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018?

¿Cuál es la proporción optima de mezcla del cloruro de magnesio (bischofita) para estabilizar el suelo para mejorar la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018?

1.3. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Tesis Pre Grado: Estabilización de suelos arenosos limosos mediante la ceniza de cascarilla de arroz y cal, para mejorar la subrasante de un pavimento en la avenida los algarrobos – Piura, 2017.

Autor: Seminario Ramos, Yenifer Estefani.

Institución: Universidad Cesar Vallejo.

País y fecha: Piura, Perú – 2017.

Resumen:

La estabilización es el más significativos de los métodos para mejorar las propiedades de una subrasante, por lo que la investigación de la Tesista Yenifer Estefani Seminario Ramos se baso en una metodología de estabilización empírica en el campo de la ingeniería civil como lo es la utilización de ceniza de cascarilla de arroz debido a su alto contenido de sílice y su reacción cementante ante la cal, por lo que se considera una investigación de carácter experimental, interviniendo una población de todos los pavimentos ubicados en suelos arenosos limosos, siendo la muestra un tramo de la Av. Los Algarrobos de la provincia de Piura-Piura. Como primer paso y por medio de ensayos de laboratorio para explorar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante en un estado nativo y posterior a la estabilización. Teniendo como resultado un incremento de 18.4% de Capacidad de soporte California (CBR) y aumento 3.75 veces su resistencia ante la compresión no confinada, siendo estos resultados propicios en las propiedades mecánicas del suelo con una proporción optima de 20% de ceniza de cascarilla de arroz y 3% de cal. Finalmente la conclusión fue que la Estabilización por medio de la ceniza de cascarilla de arroz y cal mejora las propiedades mecánicas del suelo como lo son la resistencia a la compresión y la capacidad portante, pero su beneficio económico no resulto favorable frente a una mejora de subrasante por medio de sustitución de material de préstamo. (Seminario Ramos, 2017, pág. 10)

Palabras clave: Estabilización, Ceniza de Cascarilla de Arroz, Cal, Pavimento, Subrasante.

Tesis Post Grado: Estabilización Química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio.

Autor: Gutiérrez Montes, Carlos Alberto

Institución: Universidad Ricardo Palma

País y fecha: Lima, Perú - 2010.

Resumen:

Las sales fueron analizadas, con fines de estabilización en el rubro de vial, desde hace varias años; entre las múltiples iniciativas de sales estudiadas con fines de utilizarlos como aditivo estabilizador poseemos al: “cloruro de potasio, el cloruro de magnesio, el cloruro de bario, el nitrato de sodio, el carbonato de sodio, el cloruro de calcio, el cloruro de sodio”, entre otros; por razones de costos, solo algunas de las sales antes mencionadas han logrado ser estudiadas como aditivo en la estabilización de carreteras [...] la presente investigación se examina las prerrogativas técnicas, económicas y ambientales que se obtiene de aplicar el cloruro de Magnesio (Bischofita) en comparación con el cloruro de Calcio, producto que se intenta introducir (Bischofita) para estabilizar carreteras en el Perú frente a la ejecución del cloruro de calcio [...] El presente informe de investigación que presentamos se estructuro en 9 capítulos que cubren aspectos generales relacionados con el tema de investigación: En el primer capítulo, relatamos un marco teórico acerca de las carreteras no pavimentadas, en el segundo capítulo se hace mención al proceso de estabilización de suelos en carreteras no pavimentadas. Posteriormente en el tercer capítulo, se afirma el caso de estabilización con cloruro de calcio. En el cuarto capítulo, se sustenta el caso de estabilización de carreteras con Bischofita, En el quinto capítulo de esta investigación se reafirma la metodología seguida en el trabajo de campo. En el Sexto Capítulo, la evaluación económica de los Aditivos. En el séptimo capítulo, se afirma la determinación de las ventajas técnicas de los aditivos, en el Octavo capítulo se afirma la determinación del impacto ambiental de los aditivos estabilizadores en el noveno capitulo; además, el presente informe de investigación presenta otras secciones tales como las conclusiones, recomendaciones, anexos, bibliografía consultada entre otros, que complementan y

expresan en forma sintética los resultados y otros aspectos relevantes de la presente investigación que dejamos a su consideración. (Gutiérrez Montes, 2010, pág. 12)

Artículo web: “Cloruro de Magnesio Hexahidratado”

Nombre del Autor: Empresa SQM - The WorldWide Bussines Formula.

Institución: Empresa de Productos y Servicios Químicos e Industriales, de alta calidad de Nutrición Vegetal de Especialidad (NVE), Yodo y derivados, Litio y derivados, Producción de Químicos Industriales y Potasio

Dirección URL: <http://www.sqm.com/es-es/productos/quimicosindustriales/clorurodemagnesiohexahidratado.aspx>

País y fecha: Atlanta, North America – 2018.

Resumen del Producto:

La Bischofita de SQM - principalmente cloruro de magnesio hexahidratado - es un producto de alta calidad y homogénea en el tiempo. [...] La eficiencia operacional, logística y comercial de SQM asegura productos de alta calidad, entregas oportunas y atención especializada. (Formula., 2018, pág. 1)

Cuyos beneficios son los siguientes:

- “Caminos con mayor vida útil, debido a la menor pérdida de material y emisión de polvo”. (Formula., 2018)
- “Mejor salud y condiciones físicas debido a un menor impacto de polvo en suspensión.” (Formula., 2018)
- “Mayor seguridad, visibilidad y estabilización en las operaciones.” (Formula., 2018)
- “Mayor ahorro de agua y costos al ser supresor efectivo de polvo en caminos, ahorrando uso de agua y camiones destinados a riego”. (Formula., 2018)
- “Menor tasa de accidentes debido a la prevención de accidentes por hielo en caminos.” (Formula., 2018)

El Cloruro de Magnesio Hexahidratado ($MgCl_2 \times 6H_2O$), conocido como Bischofita, es un elemento con alta presencia en la naturaleza y el tercero más abundante en el agua de mar. Gracias a las condiciones climáticas únicas en la faena de producción, la operación de SQM en el Salar de Atacama (Chile) permite obtener la Bischofita en estado seco, algo que no es posible de lograr en otro lugar del mundo. (Formula., 2018)

La operación de obtención de las sales se realiza a través de piscinas de evaporación y el uso de energía solar, lo que permite obtener las distintas sales y minerales. Toda la operación se realiza en un proceso altamente controlado, lo que permite a SQM obtener un producto de alta calidad y homogéneo en el tiempo, que garantiza contenidos de Magnesio sobre el 11%. (Formula., 2018)

El Cloruro de Magnesio presenta algunas cualidades que la hacen diferente al resto de las sales, siendo las principales:

- Absorbe humedad: Es un material altamente higroscópico, absorbe humedad del ambiente cuando ésta es superior al 32%. (Formula., 2018)
- Se disuelve en la humedad absorbida: La propiedad deliquescente de la sal permite que pueda disolverse con el agua absorbida, generando la sensación de que los caminos son regados en forma permanente evitando que se levante polvo. (Formula., 2018)
- Resistente a la evaporación y congelamiento: La salmuera producida con Bischofita tiene una baja tasa de evaporación (3 veces menor a la del agua) y su temperatura de congelamiento puede llegar a los $-32,8\text{ }^\circ\text{C}$. (Formula., 2018)
- Soberanamente soluble en agua: Se puede diluir hasta 1,5 toneladas en sólo 1 metro cúbico de agua. (Formula., 2018)

La Bischofita ofrece un uso eficiente para:

- La revisión y remisión de polvo en caminos no pavimentados, ya sea en el formato de estabilización o riego superficial. (Formula., 2018)
- Previene el control de hielo en carreteras. (Formula., 2018)

- Otros usos industriales y alimenticios. (Formula., 2018)

El control de polvo en los caminos mineros con Bischofita del agua utilizada se reduce en un noventa por ciento. Para los caminos estabilizados con Bischofita tienen un tiempo de vida superior, notificando la formación de polvo, calamina y pérdida del material. En Chile se han construido más de 6,000 kms con esta tecnología. (Formula., 2018)

[...] A fines de los 90 en la toma de conciencia de la importancia de la supresión del polvo en Chile, para favorecer la salud y seguridad de las personas [...] Hoy, SQM ofrece directamente a sus clientes las eficiencias operacionales, logísticas y comerciales, entregando Bischofita de alta calidad, con un despacho oportuno y una atención especializada. SQM mantiene su compromiso con el medio ambiente y la seguridad, reforzando su intervención en el mercado chileno de la Bischofita y difundiendo los usos y beneficios a los países vecinos. El cual permite y hace referencia a un actor relevante en la producción del Cloruro de Magnesio en el mercado mundial. (Formula., 2018)

Proyecto Científico Experimental: Diseño y Aplicación Experimental de soluciones salinas anti hielo con aditivos residuales de origen orgánico.

Nombre del Autor: Jorge Segundo, Maturano-Rosa Carolina, Aguilera Soraire-Marcelo Gastón, Bustos.

Institución: Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña - Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan.

País y fecha: Mendoza, Argentina– 2015.

Resumen:

En Argentina, la Dirección Nacional de Vialidad ha llevado a cabo estudios afianzados a perfeccionar algunas técnicas proactivas de sostenimiento invernal, que emplean sales disueltas en solución acuosa para mantener los pavimentos sin hielo en superficie. Los proyectos de investigación afirmaron que al incorporar en las soluciones algunos productos orgánicos residuales derivados de la industria alimenticia, se consigue incrementar la duración de los fundentes sobre la calzada. Para investigación de manera macro, la Universidad Nacional de San Juan llevó a

cabo investigaciones agregadas que permitieron desarrollar y calibrar una metodología de cálculo para determinar de forma expeditiva y comprobándolo entre sí, segura y económica, la concentración de fundente químico residual sobre la calzada. De esta manera, se construyó y adaptó un aparato científico específico para medir la conductividad eléctrica del residuo salino remanente sobre el pavimento, habiendo comprobado estadísticamente que hay una alta correlación entre conductividad y contenido total de sales existente en el residuo. (Segundo, Maturano, Aguilera Sorraire, & Bustos, 2015, pág. 11)

Finalmente, se ejecutaron campañas de mediciones cuantitativas en terreno utilizando diferentes diseños de soluciones conformadas por proporciones variables de compuestos salinos y productos orgánicos, esto se realizó para evaluar la duración del residuo salino a través del tiempo en condiciones de tránsito real. Se pudo verificar que el agregado de productos orgánicos a las soluciones salinas incrementa la duración del residuo sobre la calzada, confirmando los resultados de las investigaciones previas. (Segundo, Maturano, Aguilera Sorraire, & Bustos, 2015, pág. 12)

Palabras clave: Mantenimiento invernal – técnicas anti-hielo – equipos de medición - soluciones salinas.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación establece una justificación de *conveniencia*, porque ejecuto una nueva forma de estabilización con una nueva tecnología, asimismo, se dará al alcance la información sobre la estabilización y la comparación del cloruro de magnesio (Bischofita) frente al cloruro de sodio, para mejorar las condiciones de subrasante.

Asimismo, tiene una *relevancia social*, pues servirá como reseña a otros profesionales e investigadores; ya que, podrá ser presentada esta investigación a los gobiernos particulares y regionales que buscan implementar algún tipo de procedimiento de solución de esta problemática; de tal manera que busque un nivel de desarrollo superior al presente. Por otro lado, presenta una *aplicación práctica*, pues la estabilización de subrasante para cualquier infraestructura de pavimento o edificación en el ámbito de la construcción, es de mera importancia, pues de esta depende la integridad y su vida útil de la estructura, resuelve el problema de asentamientos o deslizamientos que pueda

afectar de manera severa a una construcción mediante esta nueva técnica utilizando el Cloruro de Magnesio (BISCHOFITA) para la estabilización, aparte comparándola con un método tradicional.

Asimismo, tiene una justificación de *valor teórico*, pues existe un vacío en el conocimiento de una nueva forma de estabilización química usando el cloruro de magnesio (Bischofita), también se podrá profundizar en la aplicación de esta nueva técnica, analizando si la hipótesis es positiva o negativa, al ser un estudio de carácter exploratorio, pues se analizará de manera fructífera el fenómeno, cuantificándolo en matrices de operacionalización en una base de datos validada por especialistas.

Además presenta una justificación de acuerdo a la *unidad metodológica*, de manera compleja se estará utilizando las técnicas de recolección de datos como la observación, exploración y análisis documental, para la obtención de datos necesarios, los instrumentos serán validados y aprobados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, asimismo el Manual de Suelos Geotecnia Geología y Pavimentos, se podrá de manera directa manera la variable más importante del estudio, logrando mejoras en la forma de experimentación del uso de Cloruro de Magnesio, para dar con el desarrollo de cada objetivo.

2. HIPÓTESIS

2.1 HIPOTESIS GENERAL

El Cloruro de Magnesio (Bischofita) como estabilizante químico frente al Cloruro de Sodio mejorará la subrasante en la vía a la Cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura.

2.2 HIPOTESIS ESPECÍFICA

La Evaluación de estabilización de suelo mediante el Cloruro de Magnesio (Bischofita) frente al cloruro de sodio permite mejorar las propiedades físicas de la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018.

La Evaluación de la estabilización de suelo mediante el Cloruro de Magnesio (Bischofita) frente al cloruro de sodio permite mejorar las propiedades mecánicas de la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018.

La proporción óptima de mezcla del Cloruro de Magnesio (Bischofita) para estabilizar el suelo permitirá mejorar la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Comparar el Cloruro de Magnesio (Bischofita) frente al Cloruro de Sodio como estabilizante químico para mejorar la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar la estabilización de suelo mediante el Cloruro de Magnesio (Bischofita) frente al Cloruro de Sodio para mejorar las propiedades físicas de la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018.

Evaluar la estabilización de suelo mediante el Cloruro de Magnesio (Bischofita) frente al Cloruro de Sodio para mejorar las propiedades mecánicas de la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018.

Determinar la proporción óptima de mezcla del cloruro de magnesio (bischofita) para estabilizar el suelo para mejorar la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Marco referencial

Para esta investigación, se seguirán las siguientes bases teóricas que apoyarán a esta investigación, citadas correctamente con las normas “*American Psychological Association (APA) – 6ta Edition*” impartida por la Universidad Privada Antenor Orrego.

Por lo tanto:

Aprender de los suelos es una de las actividades de mayor categoría en la construcción ya que nos enseña a encontrar sus características de cada zona, lo cual nos es ventajoso para determinar el tipo de infraestructura que va a resistir. Para los pavimentos el suelo incumbe al elemento más significativo de la propia edificación, ya que este es parte de sus mecanismos [...], por lo que es necesario determinar las características físico-mecánicas con el objetivo de obtener un diseño conveniente para la estructura del pavimento. (Bañon, 2007, pág. 20)

Por otro lado, otra teoría es la siguiente:

“El suelo es uno de los factores más significativos para establecer las propiedades y características con las que la superficie del terreno cuenta, puesto que eso nos lleva a un correcto análisis y diseño de la estructura del pavimento.” (SGGP, 2014, pág. 29)

Para esta investigación también:

Las principales propiedades demandadas por un ingeniero son la *estabilidad volumétrica, la resistencia mecánica, permeabilidad, durabilidad y compresibilidad del suelo*; todas estas pueden ser modificadas o alteradas mediante procesos estabilizantes. (Duque y Escobar, 2002, p.32)

De lo anterior aludido, los hitos de la dimensión de propiedades tanto físico-mecánicas se refieren a los diferentes procedimientos ensayados siendo estos Ensayo Proctor, California Bearing Ratio, Granulométrico, Límite de Consistencia.

El Ensayo Granulométrico, según el MTC E 107. El principal instrumento utilizado son una serie de tamices los cuales están normados por la ASTM D 422. Estos tamices

están constituidos por un marco al cual está sujeto una malla de abertura cuadrada, por donde pasa la muestra de suelo a analizar, asimismo, al tamizado se continúa con el proceso de pesar el material retenido en los tamices con el fin de obtener los porcentajes del peso de la muestra retenida. Después de aplicado el estudio de granulometría se establece una clasificación genérica del suelo en estudio, estas pueden ser gravas (60mm-2mm), arenas (2mm-0.08mm), limos (0.08mm-0.002mm o arcillas (<0.002mm). (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, pág. 44)

El ensayo de Contenido de Humedad de un suelo, este ensayo busca formular la relación en porcentaje del peso del agua en una determinada muestra de suelo respecto al peso de las partículas sólidas. El proceso se da por medio del secado del suelo en un horno controlado a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ o en cocinas industriales vigilando que el material no se queme ni se desperdicie, determinado la diferencia entre la muestra inicial y la muestra seca obteniendo el peso de agua en el material. Los parámetros establecidos se tomaron de la normativa ASTM D 4220-89. (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, pág. 44)

“La Plasticidad de un suelo es la propiedad de estabilidad hasta cierto límite de humedad sin disgregarse [...] Los Límites de consistencia establecen la relación del comportamiento con su contenido de humedad”. (Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014, pág. 44)

Con respecto a la Relación de Humedad y Densidad la prueba es el Próctor Estándar y/o Modificado. Mediante esta prueba se puede determinar la compactación o densidad máxima de un suelo o agregado en relación con su contenido de humedad. Siendo dos los ensayos normalizados de Proctor: Ensayo Próctor Estándar (ASTM D 698 / AASHTO T 99) y Ensayo Próctor Modificado (ASTM D 1557 / AASTHO T 180). Teniendo como diferencia la energía utilizada, debido a la variación del pisón y la altura de caída del golpe de este. (Ulloa, 2011, pág. 41)

El CBR en laboratorio determina la capacidad soportante del suelo, de acuerdo con las normas ASTM D 1883 / AASHTO T 193, en el cual se mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo (subrasante), sub base y/o base granular de un pavimento, bajo condiciones controladas de humedad y densidad. Este ensayo está determinado en la Norma Peruana MTC E 115 - Manual Ensayo de Materiales. (Ulloa, 2011, pág. 44)

Asimismo, para esta investigación, se realizará un diseño de pavimentos, pero a nivel de afirmado, con la finalidad de poder validar el estudio de la comparación de las dos estabilizaciones, donde para volúmenes de bajo tránsito (como representa esta vía) se tiene en consideración que estos caminos son de gran importancia en el desarrollo local, regional y nacional, por cuanto más del 85% de la vialidad se encuentra en esta categoría. (Manual para el diseño de caminos no pavimentados, 2005, p.8)

El afirmado es la capa de material natural selecto procesado o semiprocesado de acuerdo a diseño, que se coloca sobre la subrasante de un camino. Funciona como capa de rodadura y de soporte al tráfico en carreteras no pavimentadas. Estas capas pueden tener tratamiento para su estabilización. (Manual para el diseño de caminos no pavimentados, 2005, p.13)

De la misma manera el afirmado es la capa compactada de material granular natural ó procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, 2008, p.3)

La localización de una ruta entre dos puntos, uno inicial y otro terminal, establecidos como condición previa, implica encontrar una franja de terreno cuyas características topográficas y factibilidad de uso, permita asentar en ella un camino de condiciones

operativas previamente determinadas. (Manual para el diseño de caminos no pavimentados, 2005, p.171)

Por otro lado el dimensionamiento de los espesores de cada capa de afirmado, se adoptó como representativa la siguiente ecuación del MÉTODO NAASRA, (*National Association of Australian State Road Authorities* (hoy *AUSTROADS*) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, (Manual para el diseño de caminos no pavimentados, 2005, p.139)

Expresada en Número de Repeticiones de EE:

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} \times (\text{Nrep}/120)$$

Donde:

E = Espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = Valor del CBR de la subrasante.

Nrep = Número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

4.2 MARCO CONCEPTUAL

Establece que la estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio, cuando se estabiliza una subbase granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como subbase o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc). La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación. (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, pág. 107)

Establece que la aplicación de un estabilizador químico tiene como objetivo principal transferir al suelo tratado, en un espesor definido, ciertas propiedades tendientes a mejorar sus propiedades de comportamiento ya sea en la etapa de construcción y/o de servicio. (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, p.1040)

Los términos y definiciones para tener en cuenta esta investigación son los siguientes de acuerdo a la estabilización de suelos. (Según el Manual de Ensayo de Materiales - MTC E 1109, 2016, p.1041)

1. “Capacidad de soporte: carga por unidad de superficie que no produce más que una deformación prevista para diferentes condiciones de carga”. (Según el Manual de Ensayo de Materiales - MTC E 1109, 2016, p.1041)
2. Comportamiento ante cambios de humedad: capacidad del suelo de soportar variaciones importantes en una o más de sus propiedades de desempeño, a consecuencia de fenómenos naturales (cambios estacionales) o artificiales (anegamientos, drenaje u otros). (Según el Manual de Ensayo de Materiales - MTC E 1109, 2016, p.1041)
3. Comportamiento ante ciclos hielo-deshielo: capacidad del suelo de soportar variaciones de volumen y presión a consecuencia del cambio de fase del agua contenida en su interior. (Según el Manual de Ensayo de Materiales - MTC E 1109, 2016, p.1041)
4. Control de la emisión de polvo: capacidad del suelo de controlar el desprendimiento al medio ambiente, de las partículas finas que lo componen, a consecuencia de la acción de agentes externos mecánicos y climáticos. (Según el Manual de Ensayo de Materiales - MTC E 1109, 2016, p.1041)
5. Curado: tiempo requerido para que el suelo tratado químicamente complete la reacción físico-química de tal forma que alcance las propiedades de diseño. (Según el Manual de Ensayo de Materiales - MTC E 1109, 2016, p.1041)
6. Durabilidad a la abrasión: capacidad del suelo, frente a la acción de agentes mecánicos o climáticos, de controlar el desprendimiento de las partículas que lo componen. (Según el Manual de Ensayo de Materiales - MTC E 1109, 2016, p.1041)

7. Estabilidad bajo agua: capacidad del suelo de conservar sus propiedades volumétricas y/o de soporte bajo condición de inmersión en agua. (Según el Manual de Ensayo de Materiales - MTC E 1109, 2016, p.1041)
8. Estabilización mecánica: mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de un suelo. (Según el Manual de Ensayo de Materiales - MTC E 1109, 2016, p.1041)
9. Estabilización química: mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo, mediante la incorporación de un compuesto químico. (Según el Manual de Ensayo de Materiales - MTC E 1109, 2016, p.1041)
10. Estabilización de suelos: concepto general que considera el mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos y/o físico - químicos. (Según el Manual de Ensayo de Materiales - MTC E 1109, 2016, p.1041)

La estabilización química de suelos es una tecnología que se basa en la aplicación de un producto químico, genéricamente denominado estabilizador químico, el cual se debe mezclar íntima y homogéneamente con el suelo a tratar y curar de acuerdo a especificaciones técnicas propias del producto. Pues la aplicación de un estabilizador químico tiene como objetivo principal transferir al suelo tratado, en un espesor definido, ciertas propiedades tendientes a mejorar sus propiedades de comportamiento ya sea en la etapa de construcción y/o de servicio. (Según el Manual de Ensayo de Materiales - MTC E 1109, 2016, p.1041)

La estabilización con Cloruro de Sodio (Cl Na), es el primordial uso de la sal es como control del polvo en bases y superficies de rodadura para tránsito bajo. También se utiliza en zonas muy secas para evitar la rápida evaporación del agua de compactación. Ya que la sal es un estabilizante natural, compuesto aproximadamente por 98% de NaCl y un 2% de arcillas y limos, cuya pertenencia esencial, al ser higroscópico, que tiene la capacidad de absorber la humedad del aire y de los materiales que le rodean, reduciendo el punto de evaporación y mejorando la cohesión del suelo. (Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014, pág. 120)

“[...] El tamaño máximo del agregado grueso que contenga el suelo no debe ser mayor de 1/3 del espesor de la capa compactada de Suelo-Sal. El espesor total de la capa de suelo estabilizado con sal será de 150 mm o 200 mm, según se especifique en el Proyecto. La Sal (cloruro de sodio) se produce mediante 3 métodos, el más antiguo consiste en el empleo del calor solar para producir la evaporación del agua salada, con lo que se obtienen los residuos de sal. Otro método consiste en la extracción directa de las minas de sal y tercer método consiste en la evaporación del agua de mar mediante el empleo de hornos. El cloruro de sodio se presenta en forma de cristales, fácilmente solubles en agua, los cuales son higroscópicos y se les consigue en el mercado constituyendo cristales grandes o polvo fino y con diferentes grados de pureza [...]”. (Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014, pág. 120)

Normalmente la cantidad de sal está comprendida entre 50 y 80 kg/m³ de suelo a estabilizar ya que puede variar entre esos valores. No obstante, la proporción adecuada de sal depende de los resultados que se obtengan del tramo de prueba. Uno de los componentes es el agua que se debe de usar para la construcción de Bases de Suelo – Sal debe estar lo más limpia posible, libre de contener materia orgánica y debe estar libre de aceites, ácidos y álcalis perjudiciales. Se podrá incorporar al agua, sal (Cloruro de Sodio), produciendo salmuera o también podrá aplicarse el agua de mar, mediante riego de salmueras, verificando que la cantidad de agua regada contenga la dosis adecuada de sal. La mezcla sobre la vía es el conjunto de operaciones que, mediante el mezclado sobre la plataforma de la vía del suelo con la Sal y con el agua, utilizando el equipo adecuado, permite obtener la mezcla de Suelo – Sal que satisfaga los requisitos establecidos. (Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014, pág. 121)

El Cloruro de Magnesio (MgCl) es un cloruro en forma de cristales de color blanco, más efectivo que el cloruro de calcio para incrementar la tensión superficial produciendo una superficie de rodado más dura. Químicamente, el cloruro de magnesio está constituido aproximadamente por un 10.5% de magnesio, un 33.5% de cloro, un 52% de agua y un 4% de impurezas, grasoso al tacto por su gran contenido

de humedad. Para el uso vial presenta las siguientes propiedades útiles. (Según el Manual de Carreteras: (Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014, pág. 120)

- Higroscópica: Posee la capacidad de absorber humedad del ambiente, incluso en zonas sumamente áridas.
- Ligante: Cohesiona las partículas finas, permitiendo consolidar la carpeta de rodado.
- Resistente a la evaporación: Posee una baja tensión de vapor, lo que permite que no se pierda la humedad absorbida.
- Baja temperatura de congelamiento: $-32.8\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Altamente soluble en agua: Permite elaborar una solución en forma rápida y sencilla.

En los caminos pavimentados, el cloruro de magnesio puede utilizarse para prevenir la formación de hielo sobre la calzada ("anti-icing"), o bien para derretir hielo ya formado sobre el pavimento ("de-icing"), debido a que permite bajar el punto de congelamiento del agua e impedir la formación de hielo, a temperaturas ambientales por debajo de los $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. En los caminos no pavimentados, se utiliza bajo dos formas de aplicación diferentes (Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014, pág. 120)

Como método de control de polvo: el camino no pavimentado (afirmado) debe ser previamente preparado, humedecido y compactado, y estar libre de deterioro en superficie. De preferencia, el material deberá contener una proporción de material fino en el orden del 20% y 10% para asegurar cohesión entre sus partículas (en tal sentido, excelente si son finos plásticos), para un 20% de material granular con tamaño superior a 10 mm para asegurar un mínimo de estabilidad estructural. [...] De esta manera, se consigue una costra superficial durable que reduce casi por completo la dispersión del polvo causada por el tránsito vehicular, mejorando sensiblemente las condiciones ambientales en la zona aledaña. (Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014, pág. 120)

Asimismo, como estabilizador superficial: en este caso, se debe mezclar la parte superior de la capa de afirmado con el producto diluido en agua, en un espesor variable entre 7 y 15 cm de acuerdo al diseño efectuado. La dosis de cloruro de magnesio se aplica, en una proporción de entre 3 y 5% en peso de suelo seco, depende del grado de plasticidad en el material a tratar (a mayor IP, menor cantidad requerida de MgCl). El material debe ser trabajado con maquinaria pesada como cargadores frontales y motoniveladoras y mezclado en forma homogénea, y se debe humectar hasta alcanzar su humedad óptima considerando el aporte de la salmuera de cloruro de magnesio, y descontando la humedad natural del afirmado. Finalmente, el material ya humectado debe ser apropiadamente distribuido y compactado con rodillo liso vibratorio. (Según el Manual de Carreteras. (Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014, pág. 120)

Para esta investigación, como primer ensayo químico se realizará el ensayo de contenido de Sulfatos Solubles que determina el contenido de iones de cloruro, que es dividida en dos partes. La primera parte especifica el procedimiento para muestrear y preparar la muestra a medida. La segunda parte delinea dos procedimientos de prueba (Métodos A o B) para la determinación del contenido de iones cloruro soluble en agua en el suelo. El método A tiene su fundamento en el procedimiento de Mohr para determinar el ion cloruro con nitrato de plata. El Método B utiliza un medidor de pH / mV. Al comparar las lecturas de mV con la curva de calibración, el cual determina el contenido de iones cloruro. De la norma American Association of State Highway and Transportation Officials AASTHO T291. (Engineering 360°© Copyright, 2018, IEEE GlobalSpec)

Como segundo indicador de estudio del análisis químico, se realizará el Contenido de Sulfatos Solubles, Este método de prueba cubre la determinación del contenido de iones sulfato soluble en agua en el suelo. Esta norma está dividida en dos partes. La primera parte especifica el procedimiento para muestrear y preparar la muestra a medida para la prueba. La segunda parte delinea dos procedimientos de prueba (Métodos A o B) para la determinación del contenido de iones sulfato en los suelos. La selección del método depende de la concentración de ion sulfato y la precisión

deseada. Dos métodos se dan de la siguiente manera: El Método A es una medida primaria de ion sulfato. El Método B consume menos tiempo, pero a menudo es más propenso a la interferencia que el Método A. Es particularmente útil en el rango inferior de sulfato y puede usarse como una prueba de detección. Este método es directamente aplicable en el rango de 10 a 100 mg / kg. Del ensayo de American Association of State Highway and Transportation Officials AASTHO T290. (*Engineering 360° IEEE GlobalSpec © Copyright, 2018, p. 12*)

Asimismo, se determinará el Contenido de Sales Solubles Totales que establece la preparación de un extracto acuoso para una determinación del contenido de sales solubles en los suelos. Luego, el método de ensayo que se indica es ampliamente conocido como determinación de sólidos disueltos en aguas (TDS), por lo que también es aplicable, en segundo caso a una muestra de agua subterránea. De donde El contenido total de sales solubles de un suelo se determina en un extracto acuoso preparado usando una relación suelo-agua de 1:5 para la mezcla. Esta proporción se ha considerado como la más adecuada. (Norma Técnica Peruana 339.152, 2002, p.06)

De tal manera, el Ensayo de contenido de Carbonatos, se realizará para esta investigación donde se comprobará por la efervescencia producida, la existencia de carbonatos alcalinotérreos en el suelo y su cuantía.

CAPITULO II

DISEÑO METODOLÓGICO

2. DISEÑO METODOLOGICO

2.1 MATERIAL DE ESTUDIO

Correspondiente al primer indicador: Perforación de terreno: Calicata (MTC-Manual SGGP), se necesitarán los siguientes materiales:

- 01 barreta
- 01 wincha - Stanley
- 10 Sacos de color Negro impermeables al calor.
- 01 palana.
- 01 Equipos de Protección Personal. (EPP)

Correspondiente al segundo indicador: Análisis Granulométrico por Tamizado (MTC E 107-ASTM D422), se necesitaran los siguientes materiales:

- Tamices de malla cuadrada. Reflejados en el “Anexo 03: Fotografía 11”.
- Envases. Adecuados para el manejo y secado de las muestras.
- Cocina industrial, gas natural, punto de agua.
- Cepillo y brocha. Para limpiar las mallas de los tamices.

Correspondiente al tercer indicador: Humedad Natural (MTC E 108-ASTM D2216), se necesitarán los siguientes materiales:

- Recipientes. - Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición a materiales de pH variable, y a limpieza.
- Desecador (opcional) .- Un desecador de tamaño apropiado que contenga sílica gel o fosfato de calcio anhidro. Es preferible usar un desecante cuyos cambios de color indiquen la necesidad de su restitución.
- Utensilios para manipulación de recipientes. - Se requiere el uso de guantes, tenazas, o un sujetador apropiado para mover y manipular los recipientes calientes después de que se hayan secado.

- Otros utensilios. - Se requieren el empleo de cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.

Correspondiente al cuarto indicador: Límites de Atterberg: L. Líquido (MTC E 110) L. Plástico (MTC E 111), se necesitarán los siguientes materiales:

- Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3"– 4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho aproximadamente.

Correspondiente al quinto indicador: Clasificación SUCS (ASTM D2487) AASHTO (ASTM D 3282), se necesitarán los siguientes materiales:

- Se necesitarán la clasificación por SUCS y AASHTO, representadas en los anexos, con respecto al tipo de suelo encontrado.

Correspondiente al sexto indicador: Perforación de terreno: Calicata (MTC-Manual SGGP), se necesitarán los siguientes materiales:

- 01 barreta
- 01 wincha - Stanley
- 10 Sacos de color Negro.
- 01 palana.
- 01 Equipos de Protección Personal. (EPP)

Correspondiente al séptimo indicador: Abrasión Los Ángeles (L.A.) (MTC E 207), se necesitarán los siguientes materiales:

- Tamices: Conforme con la NTP 350.001.
- Balanza: Una balanza o báscula con exactitud al 0,1 % de la carga de ensayo sobre el rango requerido para este ensayo.
- Carga: La carga consistirá en esferas de acero de aproximadamente 46,8 mm (1 27/32 pulg), de diámetro y cada una tendrá una masa entre 390 g y 445 g.

Correspondiente al octavo indicador: Próctor Modificado (MTC E 115-ASTMD1557), se necesitarán los siguientes materiales:

- Regla. - Una regla recta metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 254 mm (10 pulgadas). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de $\pm 0,1$ mm ($\pm 0,005$ pulg). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que 3 mm (1/8 pulg).
- Tamices ó Mallas. - De 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg), 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg) y 4,75mm (Nº 4), conforme a los requisitos de las especificaciones ASTM E11.
- Herramientas de Mezcla. - Diversas herramientas tales como cucharas, morteros, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. ó un aparato mecánico apropiado para la mezcla completa de muestra de suelo con incrementos de agua.

Correspondiente al noveno indicador: California Bearing Ratio-CBR (MTC E 132–ASTM D1883), se necesitarán los siguientes materiales:

- Muestra de suelo, Aparato medidor de expansión, pesas, pistón, diales, tanques, estufas, prensa, molde de metal cilíndrico (de acuerdo a la granulometría).

Con respecto al décimo indicador: Diseño de Mezcla para la estabilización. Con el Cloruro de Magnesio (Mg Cl) - BISCHOFITA, se necesitarán los siguientes materiales:

- Recipiente de $\frac{1}{2}$ kg para la colocación de muestra.
- Recipiente de mezcla de 2.kg de capacidad.
- Balanza de 10 kg.

Correspondiente al décimo primero indicador: Abrasión Los Ángeles (L.A.) (MTC E 207), Con el Cloruro de Magnesio (Mg Cl) – BISCHOFITA, se necesitarán los siguientes materiales con:

- Tamices: Conforme con la NTP 350.001.
- Balanza: Una balanza o báscula con exactitud al 0,1 % de la carga de ensayo sobre el rango requerido para este ensayo.
- Carga: La carga consistirá en esferas de acero de aproximadamente 46,8 mm (1 $\frac{27}{32}$ pulg), de diámetro y cada una tendrá una masa entre 390 g y 445 g.

Correspondiente al décimo segundo indicador: Próctor Modificado (MTC E 115-ASTMD1557), Con el Cloruro de Magnesio (Mg Cl) – BISCHOFITA, se necesitarán los siguientes materiales:

- Regla. - Una regla recta metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 254 mm (10 pulgadas). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de $\pm 0,1$ mm ($\pm 0,005$ pulg). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que 3 mm (1/8 pulg).
- Tamices ó Mallas. - De 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg), 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg) y 4,75mm (N° 4), conforme a los requisitos de las especificaciones ASTM E11.
- Herramientas de Mezcla. - Diversas herramientas tales como cucharas, morteros, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. ó un aparato mecánico apropiado para la mezcla completa de muestra de suelo con incrementos de agua.

Correspondiente al décimo tercer indicador: California Bearing Ratio-CBR (MTC E 132–ASTM D1883), Con el Cloruro de Magnesio (Mg Cl) – BISCHOFITA, se necesitarán los siguientes materiales:

- Muestra de suelo, Aparato medidor de expansión, pesas, pistón, diales, tanques, estufas, prensa, molde de metal cilíndrico (de acuerdo a la granulometría).

Correspondiente al décimo cuarto indicador: Porcentaje del aditivo estabilizante. Con el Cloruro de Magnesio (Mg Cl) – BISCHOFITA, se necesitarán los siguientes materiales:

- Tazones de laboratorio
- Balanza de 10 kg
- Material estabilizado: Suelo in situ + Cloruro de Magnesio (Mg Cl) – BISCHOFITA.

Correspondiente al décimo quinto indicador: Contenido de Cloruros Solubles NTP 339.177 (AASHTO T291), con el Cloruro de Magnesio (Mg Cl) – BISCHOFITA, se necesitarán los siguientes materiales:

- Pipetas

- Solución de Nitrato de Plata
- Solución de Cloruro de Bario
- Agua destilada
- Balanza sensibilidad 0,01 gramo
- Mecheros
- Matraces aforados
- Vasos de precipitado
- Estufa
- Tubos de ensayo.

De la misma manera, al décimo sexto indicador: Contenido de Sulfatos Solubles NTP 339.178 (AASHTO T290) con el Cloruro de Magnesio (Mg Cl) – BISCHOFITA, se necesitarán los siguientes materiales:

- Balanza sensibilidad 0,01 gramo
- Mecheros
- Matraces aforados
- Vasos de precipitado
- Pipetas
- Solución de Nitrato de Plata
- Solución de Cloruro de Bario
- Agua destilada
- Estufa
- Tubos de ensayo.

De la misma manera, al décimo séptimo indicador: Contenido de Sales Solubles Totales NTP 339.152 (BS 1377), con el Cloruro de Magnesio (Mg Cl) – BISCHOFITA, se necesitarán los siguientes materiales:

- Balanza sensibilidad 0,01 gramo
- Mecheros
- Matraces aforados
- Vasos de precipitado
- Pipetas
- Solución de Nitrato de Plata
- Solución de Cloruro de Bario
- Agua destilada
- Estufa
- Tubos de ensayo.

Correspondiente al décimo octavo, de determinar la Cantidad de Carbonatos totales, se necesitarán los siguientes materiales para la muestra estabilizada con Cloruro de Magnesio (BISCHOFITA):

- Un matraz Erlenmeyer de 125 ml
- Embudo
- Bureta de 50 ml
- Vaso de precipitado
- Pipeta de 25 ml
- Papel filtro Wathman #41

Y se someterá la muestra a los siguientes reactivos:

- HCl 1N (83 ml de ácido clorhídrico, completando a un litro con agua destilada)
- NaOH 1N (40 grs disueltos en agua; enfriar y aforar a un litro).

- Indicador azul de Bromotil (0.1 grs en 250 ml de agua, añadiendo 1.6 ml NaOH N/10)

2.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es descriptivo y prospectivo porque se sometió a un análisis, en el cual fue medido y evaluado con las diferentes causas, ya que dichos resultados son generados a partir de la fecha en estudio hacia adelante.

2.3 ÁREA DE ESTUDIO.

En relación a la caracterización de la presente investigación, el área de estudio abarca la zona correspondiente a la carretera Panamericana entre Sullana – Talara la que se encuentra localizada en:

Región: Piura

Provincia: Talara

Distrito: Pariñas

2.3 DEFINICIÓN DE LA POBLACION MUESTREAL

La avenida principal de Enace 03 a la Cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura.

2.4 MUESTRA

La vía a la Cantera Santa Rita.

2.5. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Es nuestro deber como ingenieros civiles, buscar nuevas formas de construcción que beneficien a la sociedad, solucionar problemas existentes, construir, elaborar, mantener, mejorar y/o rehabilitar cualquier edificación sea horizontal o vertical, por ello es importante que nosotros tengamos la investigación de carácter científico adherida a nuestro perfil profesional, ya que la búsqueda absoluta del conocimiento es infinita, y las nuevas formas de construcción, mejoramiento o rehabilitación están propuestas y es nuestro deber profundizar y buscar nuevas variables, conocer a fondo el fenómeno, cuantificarlo, analizarlo, limitarlo, ordenándolo para nuevas investigaciones. Asimismo, en esta investigación se respetó y se respetara todas las fuentes citadas por APA, para que ninguna fuente pierda credibilidad en su estudio, por lo tanto, se pide que esta investigación de carácter científica sea de la misma manera tratada.

2.6 MÉTODOS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

2.6.1. MÉTODOS

“La técnica propone las normas para ordenar las etapas del proceso de investigación, de igual modo, proporciona instrumentos de recolección, clasificación, medición, correlación y análisis de datos, y aporta a la ciencia los medios para aplicar el método.”⁰ (Martinez, 2013, pág. 3)

El primer objetivo consistirá en la observación de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos donde se determinan mediante ensayos las propiedades físicas, como son el análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad. Estos procedimientos llevarán a la obtención de resultados que serán registrados en fichas de laboratorio las cuales son los instrumentos. Estos resultados se compararán con la muestra inicial a la cual no se le agregará ningún agente estabilizante, y posteriormente validados por Profesionales encargados del laboratorio de mecánica de suelos.

El segundo objetivo se logrará, en este caso los estudios de laboratorio corresponden a ensayos que determinan las características mecánicas, como el Proctor Modificado y el California Bearing Ratio. Y al igual que la primera parte también serán comparados con los resultados obtenidos de los estudios del suelo natural y posteriormente fue validado por Profesionales encargados del laboratorio de mecánica de suelos.

El tercer objetivo se obtendrá por medio diseño de mezcla establecido, obtenidas en el estudio de laboratorio de suelos teniendo por medio, las técnicas de observación, exploración y análisis documental. Siendo los instrumentos: fichas de laboratorio y un cuadro comparativo por mezcla, la validación fue dada por un profesional en ingeniería civil de preferencia de la rama de geología.

2.6.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTOS

Las notas de trabajo se agruparán de forma cronológica, y por objetivo, para esta investigación es necesaria la recolección de datos tanto en el campo de la zona de estudio como trabajos propios de gabinete. De tal manera todos los ensayos realizados de acuerdo al procedimiento de la recolección de datos serán realizados como lo establecido en el Manual de Ensayo de Materiales Edición mayo de 2016. El cual forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional.

El mismo tiene por finalidad estandarizar el método y procedimientos, para la ejecución de los ensayos de laboratorio en gabinete y de campo, de los materiales que se utilizan en los proyectos de infraestructura vial, con el objeto y concepto de asegurar que su comportamiento correspondan a los estándares de calidad propuestos en los estudios, para las obras y actividades de mantenimiento vial. Esta investigación para obtener el grado de Maestro toma como referencia la normatividad de las instituciones técnicas reconocidas internacionalmente, tales como AASHTO y ASTM.

Luego de realizar la estabilización con Cloruro de Sodio y con Cloruro de Magnesio (BISCHOFITA), se realizará un diseño de Pavimento a nivel de Afirmado empleando

la Metodología para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado, se adoptó como representativa la siguiente ecuación del MÉTODO NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities (hoy AUSTRROADS)), para que la validación del nuevo agente estabilizador podrá ser la hipótesis de manera positiva o negativa.

Finalmente, para esta investigación tiene en consideración que, como toda ciencia y la técnica, la ingeniería vial está en permanente evolución, y es necesario la búsqueda del conocimiento en nuevas metodologías de aplicación esta tesis deberá ser revisado y actualizado periódicamente a aquellos investigadores ambiciosos de los conocimientos.

2.6.3 DISEÑO DEL CONTRASTACION

“La investigación aplicada, depende de los descubrimientos y avances de la investigación básica y se enriquece con ellos, pero se caracteriza por su interés en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos. La investigación aplicada busca el conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar” (Zorrilla, 1993, p.42)

Por lo antes expuesto en esta investigación es considerada de tipo aplicada, ya que toma diferentes teorías básicas y las utiliza para obtener nuevos resultados.

De este proyecto el diseño ha sido considerado de investigación Experimental, ya que radicará en el manejo de la variable independiente la cual es “comparación del Cloruro de Magnesio (Bischofita) frente al Cloruro de Sodio como estabilizante químico” para medir la variable dependiente “Mejorar la subrasante de la Cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura”, comparando de esta manera más de dos grupos en estudio como son, el suelo en su estado natural, y las muestras de la mezcla de suelo estabilizado con diferentes proporciones de Cloruro de Magnesio (Mg-Cl) y Cloruro de Sodio (NaCl). De esta manera poder lograr la estabilización, aparte de determinar cuál es el porcentaje adecuado de estabilizador para este tipo de suelo.

Asimismo, las investigaciones que recopilan datos en un momento único en la línea de tiempo temporal, estas mismas son denominadas transversales. Para esta investigación, será de corte transversal, pues tiene un punto de inicio fijo y uno terminal.

2.6.4 ANALISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN

Para este proyecto de investigación, todos los datos que se recopilen serán procesados en una matriz correspondiente en el programa Microsoft Excel del paquete de Office: 2016, de la misma manera que esa hoja de cálculo (matriz) será validada y aprobada por el especialista en el campo de aplicación de esta investigación, como el especialista en Geología, Catedrático en las Universidades de la Provincia de Piura Mg. Diomedes Marcos Martín Oyola Zapata con CIP N°: 85028 y el Ing. Oscar Castañeda Sevillano con CIP N°: 77413. Es necesario mencionar que, al ser un proyecto de investigación de carácter exploratoria, se busca validar la hipótesis sea positiva o negativa, por eso en esta tesis no se puede aprobar o negar dicha afirmación hasta que no pase a su desarrollo complementario, de la misma manera los métodos para realizar la comparación serán tomando de forma parcial del Cloruro de Magnesio (BISCHOFITA), elaborando y combinando, asimismo elaborar una proporción de muestra del suelo in situ, para combinarlo, obteniendo un diseño de mezcla óptimo para la estabilización. (SUELO IN SITU + CLORURO DE MAGNESIO: BISCHOFITA) de acuerdo con esta proporción se dará a conocer la cantidad en porcentaje (%) de muestra IN SITU y muestra de CLORURO DE MAGNESIO: BISHOFITA necesaria para el aumento de su capacidad de resistencia (California Bearing Ratio: CBR). Cabe resaltar que después de estabilizar el suelo existente con BISCHOFITA o CLORURO DE MAGNESIO se procederá al análisis cuantitativo comparando este nuevo método de estabilización con un método tradicional, el cual es: la estabilización con CLORURO DE SODIO. En el cual de los datos procesados obtenidos en el desarrollo de este proyecto serán cotejados y comprobados para concluir en que porcentaje se diferencian, cuáles son sus ventajas y desventajas. Su análisis teórico práctico. De acuerdo a la investigación requerida.

2.7 VARIABLES

2.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Cloruro de Magnesio (Bischofita) como estabilizante químico.

2.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Subrasante.

Cuadro N° 01. Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE: Cloruro de magnesio (bischofita) como estabilizante químico.	"El estudio del suelo es uno de los factores más importantes para determinar las propiedades y características con las que el suelo cuenta, puesto que eso nos lleva a un correcto análisis y diseño de la estructura del pavimento" Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Manual SGGP (2014, p.29)	Propiedades físicas	Con el propósito de definir las propiedades físicas de cada suelo muestreado y estimar su comportamiento bajo diversas condiciones, es necesario efectuar varias pruebas. Al respecto se encuentran normalizadas cierto número de pruebas cuyos nombres identifican las características que determinan (Montejo, 2002, p.62)	Perforación de terreno: Calicata (MTC-Manual SGGP, 2014, p26)	Razón
			Análisis Granulométrico por Tamizado (MTC E 107-ASTM D422)	Nominal	
			Humedad Natural (MTC E 108-ASTM D2216)	Razón	
			Límites de Atterberg L.Líquido (MTC E 110)	Razón	
		L.Plástico (MTC E 111)	Nominal		
		Clasificación SUCS (ASTM D2487) AASHTO (ASTM D 3282)	Nominal		
		Propiedades mecánicas	Las propiedades mecánicas de un suelo permiten al ingeniero llegar a un diseño de la obra civil en la etapa de estudio, considerando [...] Los estados límite de falla[...], Los estados límite de servicio[...] (Revista ARQHYS. 2012, p.12)	Perforación de terreno: Calicata (MTC-Manual SGGP, 2014, p26)	Razón
				Abrasión Los Ángeles (L.A.) (MTC E 207)	Razón
Próctor Modificado (MTC E 115-ASTMD1557)	Razón				
California Bearing Ratio-CBR (MTC E 132-ASTM D1883)	Nominal				

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
		Proporción óptima de mezcla (suelo + MgCl)	El cloruro de magnesio (MgCl) es un cloruro en forma de cristales de color blanco, más efectivo que el cloruro de calcio para incrementar la tensión superficial produciendo una superficie de rodado más dura. Manual de Carreteras “SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS” (2014, p.121)	Diseño de mezcla para la estabilización	Razón
	La mezcla estabilizante de suelo + Cloruro de Magnesio, se define como un suelo mejorado en sus propiedades físicas y mecánicas, con el fin de ser utilizado en la construcción de un pavimento, o la transitabilidad de una vía no pavimentada. (fuente: Elaboración propia, 2018)	Propiedades mecánicas de la Muestra In situ + Cloruro de Magnesio (bischofita) & Muestra In situ + Cloruro de Sodio	Las propiedades mecánicas de un suelo permiten al ingeniero llegar a un diseño de la obra civil en la etapa de estudio, considerando [...] Los estados límite de falla[...], Los estados límite de servicio[...] (Revista ARQHYS. 2012, p12)	Abrasión Los Ángeles (L.A.) (MTC E 207)	Razón
				Próctor Modificado (MTC E 115-ASTMD1557)	Razón
				California Bearing Ratio-CBR(MTC E 132–ASTM D1883)	Razón
VARIABLE DEPENDIENTE: Subrasante	Establece que la estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos Manual de Carreteras (2014, p.107)	Resistencia a CBR de suelos mejorados usando la mezcla de Cloruro de Magnesio (bichofita)	“El CBR en laboratorio determina la capacidad soportante del suelo, de acuerdo con las normas ASTM D 1883 / AASHTO T 193, en el cual se mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo (subrasante), sub base y/o base granular de un pavimento, bajo condiciones controladas de humedad y densidad. (MTC E 115 - Manual Ensayo de Materiales”).	Porcentaje del aditivo estabilizante. Cloruro de Magnesio (Mg Cl) - BISCHOFITA	Razón
		Propiedades químicas del	"Con los ensayos químicos se garantiza que la BISCHOFITA no reaccionara	Contenido de Cloruros Solubles NTP 339.177 (AASHTO T291)	Razón

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
		Muestra In situ + Cloruro de Magnesio (bischofita)	desfavorablemente del punto de vista químico, ya que al ser un elemento químico se tiene que comprobar que su reacción, no me generen cambios en la estructura del pavimento. (MG. DIOMEDES MARCOS MARTIN OYOLA ZAPATA, 2018.)	Contenido de Sulfatos Solubles NTP 339.178 (AASHTO T290)	Razón
		Muestra In situ + Cloruro de Sodio		Contenido de Sales Solubles Totales NTP 339.152 (BS 1377)	Razón
				Contenido de Carbonatos Totales	Razón

Fuente: Elaboración propia, 2018.

CAPITULO III
RESULTADOS

DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA.

Se realizaron 4 calicatas en las progresivas 0+250 – 0+500 – 0+750 – 1+000, encontrando un solo estrato de muestra. Cuyas pruebas y ensayos a las cuales fueron sometidas las 4 muestras, por cada calicata en campo fueron: Contenido de Humedad, Granulometría, Limite Liquido, Limite Plástico, Prueba de compactación y California Bearing Ratio (CBR). Es necesario determinar sus propiedades físicas y mecánicas antes de presentar el estudio influyente en la zona con Bischofita (Cloruro de Magnesio). Donde el estudio es el siguiente:

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO.

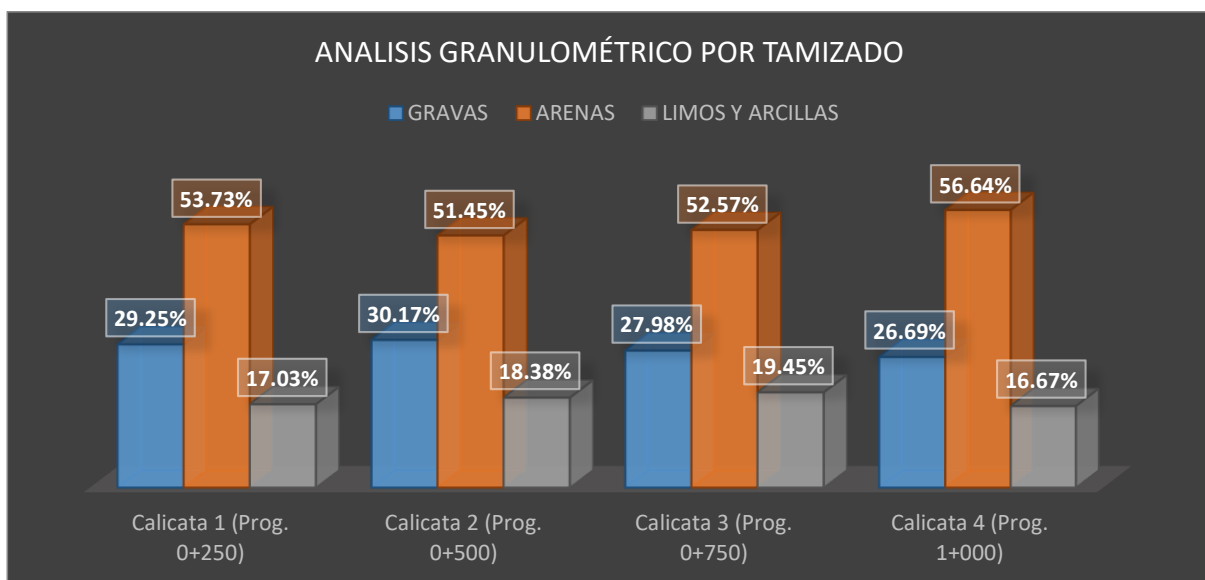


Gráfico 1. Análisis granulométrico por tamizado.

INTERPRETACION

Como se puede apreciar en el Grafico 1, se puede afirmar los siguientes enunciados; la calicata 2 ubicada en la progresiva 0+500 es la que representa un alto contenido de grava, el cual es de 30.17% y la calicata que representa el menor contenido de grava es la calicata 4, ubicada en la progresiva 1+000, la cual es de 26.69%. La calicata 4, ubicada en la progresiva 1+000, representa el mayor contenido de arenas, el cual es de 56.64%, y la calicata que representa el menor contenido de arenas es la calicata 2, ubicada en la progresiva 0+500, la cual es de

51.45%. La calicata que representa el mayor contenido de Limos y Arcillas es la calicata 3, ubicada en la progresiva 0+750, la cual es de 19.45%, y la calicata que representa el menor contenido de limos y arcillas, es la calicata 4, ubicada en la progresiva 1+000, el cual es de 16.67%.

CONTENIDO DE HUMEDAD

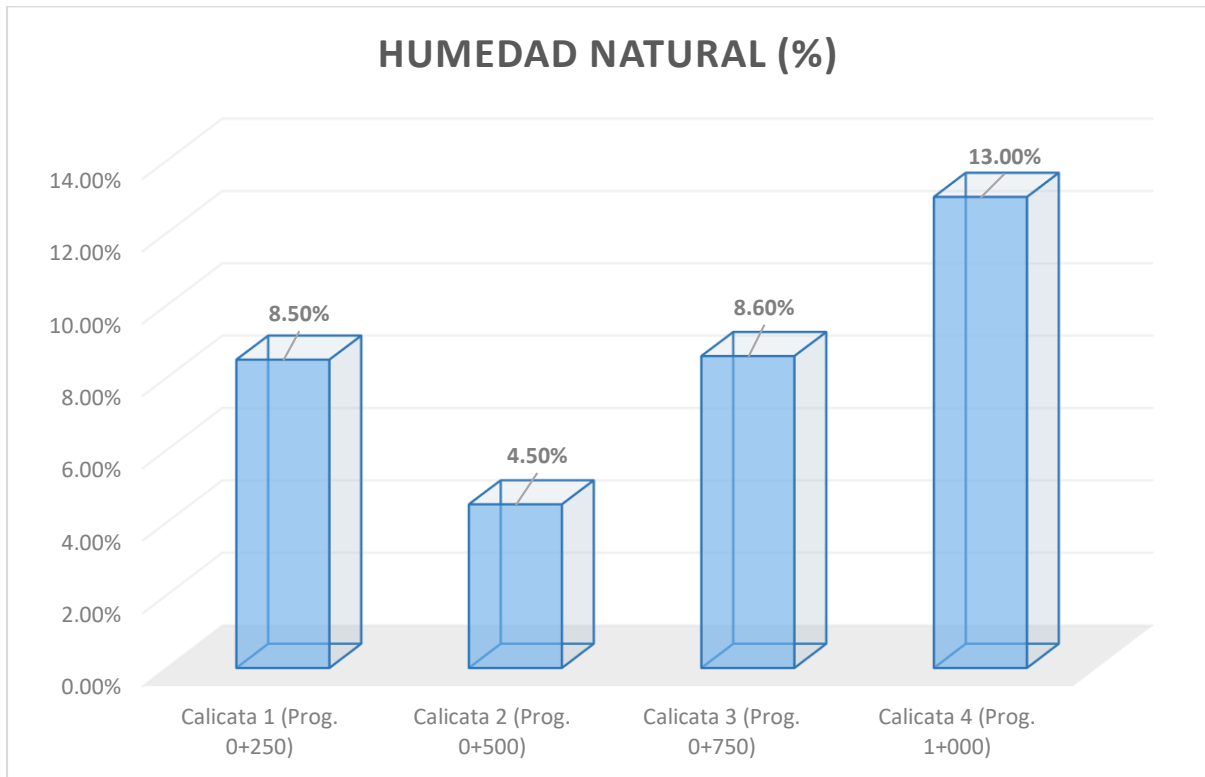


Gráfico 2. Humedad Natural (%).

INTERPRETACION

Como se puede apreciar en el Grafico 2, la calicata que representa el mayor contenido de humedad es la Calicata 4, ubicada en la progresiva 1+000, cuyo contenido es de 13.00%, y el menor contenido de humedad le pertenece a la Calicata 2, ubicada en la progresiva 0+500, cuyo contenido de humedad es de 4.50%.

CLASIFICACION SUCS Y AASHTO.

Cuadro N° 02. *Clasificación por SUCS & AASHTO.*

<i>Calicatas/Clasificación</i>	Calicata 1 (Prog. 0+250)	Calicata 2 (Prog. 0+500)	Calicata 3 (Prog. 0+750)	Calicata 4 (Prog. 1+000)
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)	SM	SM	SM	SM
American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)	A - 1 - b	A - 1 - b	A - 1 - b	A - 1 - b

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

INTERPRETACION

La terminología “SM” según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) es “Arena limosa”, los cuales son materiales finos sin plasticidad o baja plasticidad. La terminología A – 1 – b, según American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), lo define como material formados por arena gruesa bien gradada, con o sin ligante. (Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013, p.41)

LIMITES DE ATTERBERG

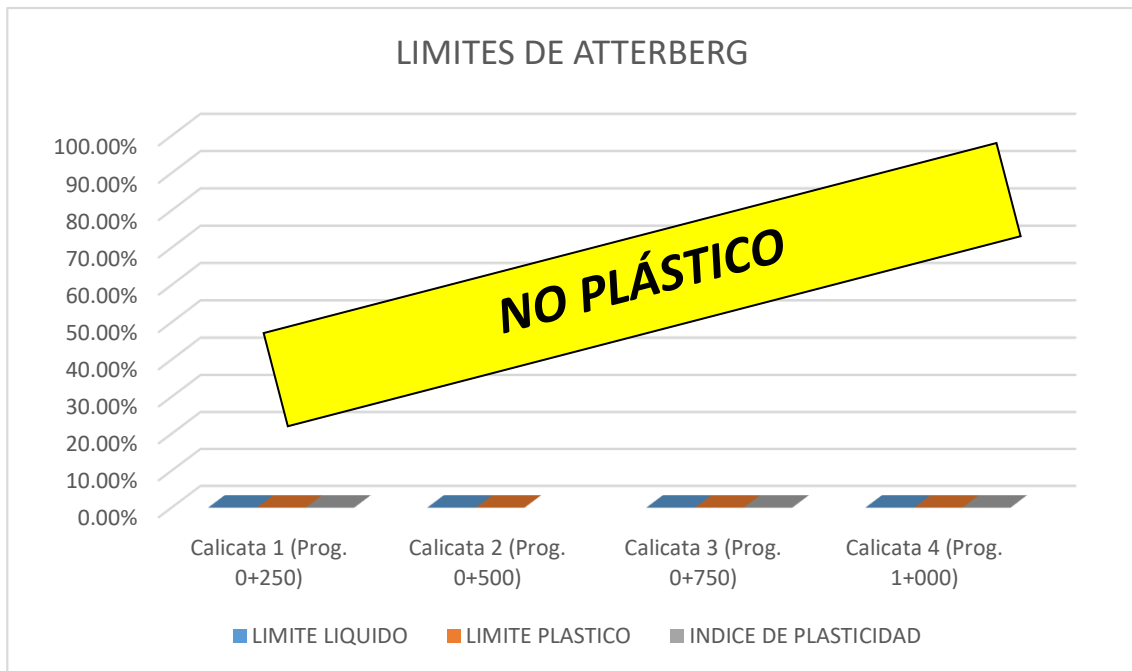


Gráfico 3. Límites de Atterberg.

INTERPRETACION

Como se puede apreciar en el Gráfico 3. No existe Límite Líquido, Límite Plástico y/o Índice de Plasticidad, ya que el estudio de suelo ha determinado que su clasificación es "SM", los cuales son materiales finos sin plasticidad o baja plasticidad. (Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014, pág. 41)

PRUEBA DE COMPACTACION

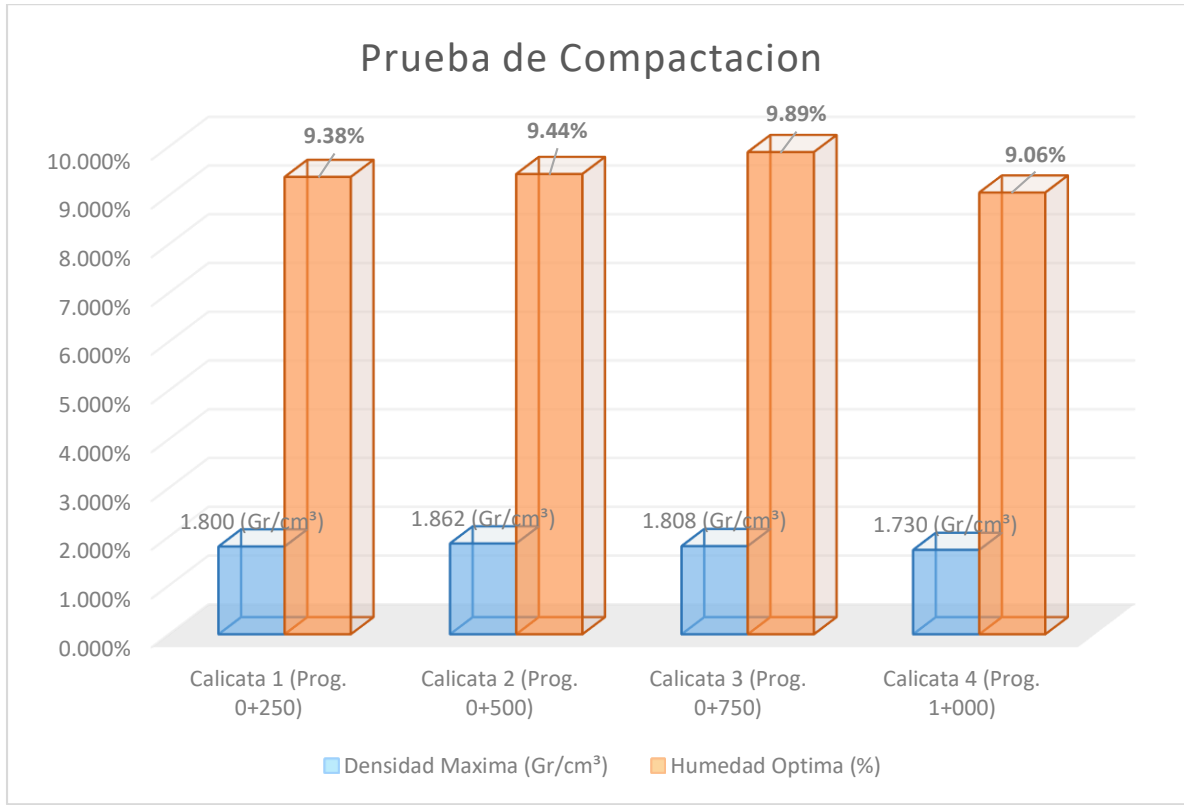


Gráfico 4. Prueba de Compactación.

INTERPRETACION

Del Gráfico 4. Se afirma que la calicata 3, ubicada en la progresiva 0+750, es la que representa la máxima humedad óptima, el cual es de 9.89% y la que representa la menor humedad óptima, de las cuatro calicatas, es la calicata 4, ubicada en la progresiva 1+000, cuya humedad es 9.06%. Asimismo, la máxima densidad, la presenta la calicata 3, ubicada en la progresiva 0+750, con 1.808 Gr/cm². Por otro lado, la que representa la menor densidad máxima, es la calicata 4, ubicada en la progresiva 1+000, siendo 1.730 Gr/cm².

CALIFORNIA BEARING RATIO

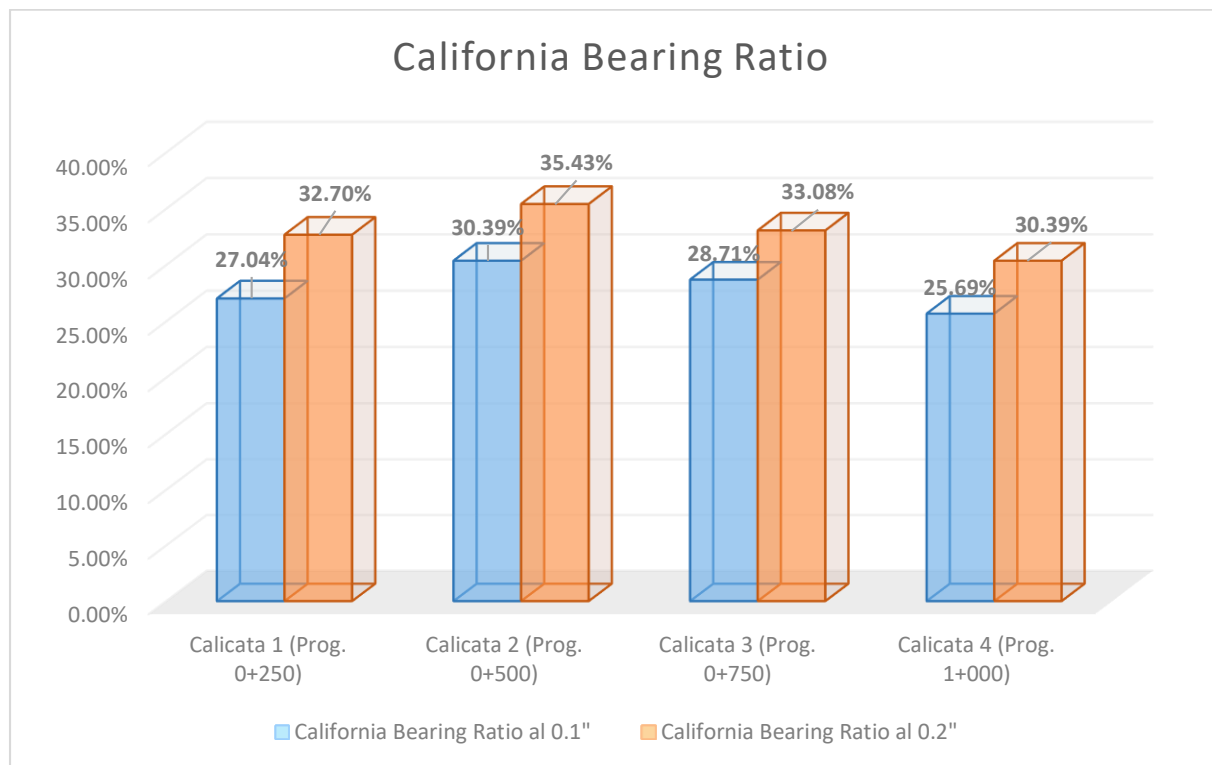


Gráfico 5. California Bearing Ratio.

INTERPRETACION

“[...] Se determinará el programa de ensayos para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la MDS y a una penetración de carga de 2.54 mm.” (Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014, pág. 39)

Como se puede apreciar del Grafico 5, todas las exploraciones han relacionado con la resistencia de suelo de tipo “Muy buena” (S4), se según su categoría; Asimismo la que ha representado el mayor California Cearing Ratio (CBR) es la calicata 2, ubicada en la progresiva 0+500, cuyo valor fue de 30.39%. Y la que presento menor resistencia del promedio, ha sido la calicata 4, ubicada en la progresiva 1+000, de 25.69%.

A continuación, se presenta el Cuadro N° 03 de resumen de las propiedades físico-mecánicas de la subrasante de la zona de estudio; analizadas de las 4 calicatas, correspondidas en las progresivas 0+250, 0+500, 0+750 y 1+000; cabe mencionar que todo el estudio de suelos, se encuentra en el “ANEXO 03”. Donde se pueden verificar los datos.

Cuadro N° 03. Resumen Propiedades Físicas y Mecánicas de la Zona de Estudio.

	Calicata 1 (Prog. 0+250)	Calicata 2 (Prog. 0+500)	Calicata 3 (Prog. 0+750)	Calicata 4 (Prog. 1+000)
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)	SM	SM	SM	SM
American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)	A - 1 - b	A - 1 - b	A - 1 - b	A - 1 - b
GRAVAS	29.25%	30.17%	27.98%	26.69%
ARENAS	53.73%	51.45%	52.57%	56.64%
LIMOS Y ARCILLAS	17.03%	18.38%	19.45%	16.67%
HUMEDAD NATURAL (%)	8.50%	4.50%	8.60%	13.00%
LIMITE LIQUIDO	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
LIMITE PLASTICO	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
INDICE DE PLASTICIDAD	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Densidad Máxima (Gr/cm ³)	1.800%	1.862%	1.808%	1.730%
Humedad Optima (%)	9.38%	9.44%	9.89%	9.06%
California Bearing Ratio al 0.1"	27.04%	30.39%	28.71%	25.69%
California Bearing Ratio al 0.2"	32.70%	35.43%	33.08%	30.39%

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

PROPORCIÓN OPTIMA DE MEZCLA DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA): IN SITU + BISCHOFITA.

Para esta investigación se consideró usar una porción de Bischofita (Cloruro de Magnesio) de forma gradual, de 5%, 10%, 15% 20%. El cloruro de magnesio, se verifico los resultados luego de los ensayos mecánicos, en los cuales incrementaron la tensión superficial y gradualmente la resistencia en contacto con la muestra IN SITU, al combinarla en los distintos porcentajes en la “Calicata 2”. Como se puede verificar en el Cuadro N° 04.

Cuadro N° 04. *Calicata2: Muestra IN SITU + BISCHOFITA*

ENSAYOS	CALICATA 2: MUESTRA IN SITU + 5% DE BISCHOFITA	CALICATA 2: MUESTRA IN SITU + 10% DE BISCHOFITA	CALICATA 2: MUESTRA IN SITU + 15% DE BISCHOFITA	CALICATA 2: MUESTRA IN SITU + 20% DE BISCHOFITA
Densidad Máxima (Gr/cm ³)	1.94	2.02	2.11	2.2
Humedad Optima (%)	9.19%	8.29%	9.45%	8.63%
California Bearing Ratio al 0.1"	37.11%	49.87%	62.96%	81.43%
California Bearing Ratio al 0.2"	45.50%	60.61%	80.42%	104.26%

Fuente: Elaboración Propia,
2018.

Para una mejor visualización de los resultados, de las pruebas de compactación + Bischofita (Cloruro de Magnesio) y California Bearing Ratio + Bischofita (Cloruro de Magnesio) se representó en un gráfico de barras que se presenta a continuación. Donde verán la influencia en la resistencia de usar esta nueva técnica de estabilizar y/o mejorar las propiedades físicas y mecánicas de un suelo de tipo “SM” según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) es “Arena limosa”, los cuales son materiales finos sin plasticidad o baja plasticidad. La temrinología A – 1 – b, según American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), lo define como material formados por arena gruesa bien gradada, con o sin ligante. (Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013, p.41)

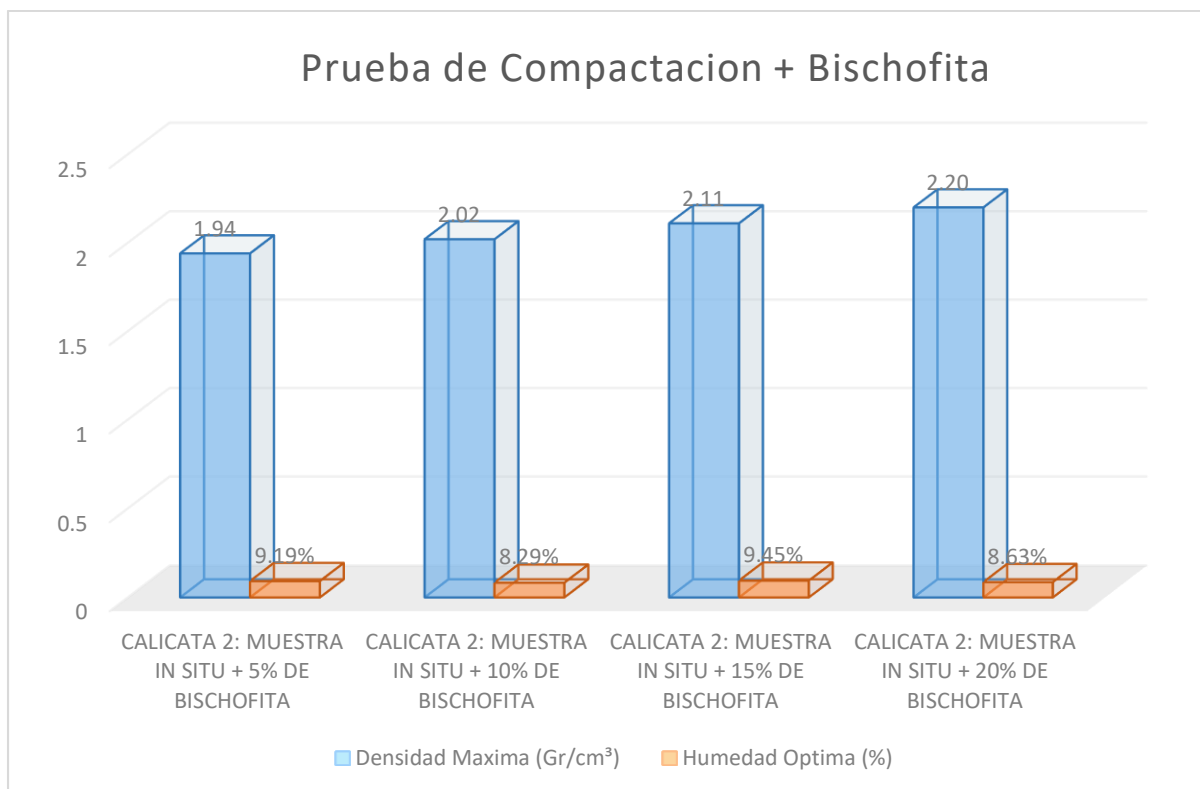


Gráfico 6. Prueba de Compactación + Bischofita.

INTERPRETACION

Como se puede apreciar en el Gráfico 6, la Densidad Máxima expresada en Gr/cm³ va en ascenso a una proporción de 5% en 5%, gracias a que la Bischofita (Cloruro de Magnesio) aporta tensión superficial de las partículas, y cuando mayor cantidad de porcentaje (%) se le adiciona, mayor es esta densidad. De ello podemos afirmar que a una cantidad de 5% BISCHOFITA + 95% MUESTRA INSITU, la densidad máxima es de 1.94 Gr/cm³. Pero a una cantidad de 20% BISCHOFITA + 80% MUESTRA INSITU, la densidad máxima es de 2.20 Gr/cm³. Asimismo, podemos afirmar que la humedad óptima no existe considerable variación, siendo la menor al 10% de Bischofita, siendo 8.29% de humedad. Y la mayor de 9.45% al 15% de Bischofita.

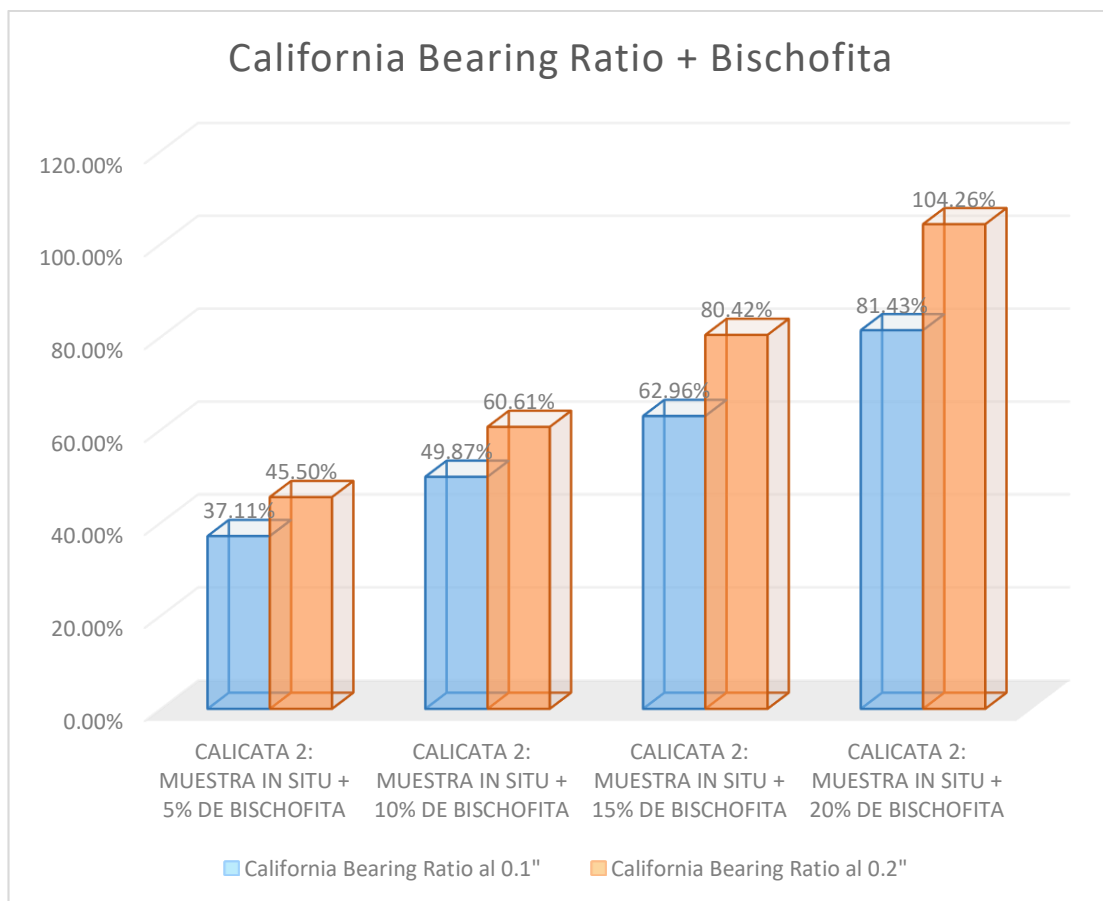


Gráfico 7. California Bearing Ratio + Bischofita.

INTERPTETACION

Del “Gráfico 7”, podemos observar el incremento que ha tenido el uso paulatino de Bischofita (Cloruro de Magnesio) empezando de 5% hasta el 20%, para ello por norma se toma el valor del 95% de la Maxima Densidad Seca a 0.1” de penetración, Cabe mencionar que el California Bearing Ratio IN SITU de la Calicata 2 es 30.39%. Siendo así podemos interpretar que al 5% de Bischofita + 95% de Muestra IN SITU, se ha obtenido un California Bearing Ratio (CBR) de 37.11%, Asimismo, al 20% de Bischofita + 80% de Muestra IN SITU, se ha obtenido un California Bearing Ratio (CBR) de 81.43%.

ANALISIS QUIMICO DE LA BISCHOFITA.

Cuadro N° 05. *Análisis Químico de la Bischofita.*

DETERMINACION	ANALISIS QUIMICO DE LA BISCHOFITA
CLORURO DE MAGNESIO (Mg Cl ₂ %)	97.30
SULFATOS (SO ₄ = %)	0.00
CALCIO (Ca ⁺⁺ %)	0.00
CARBONATOS (Ca Co ₃ %)	0.00

Fuente: Elaboracion Propia, 2018.

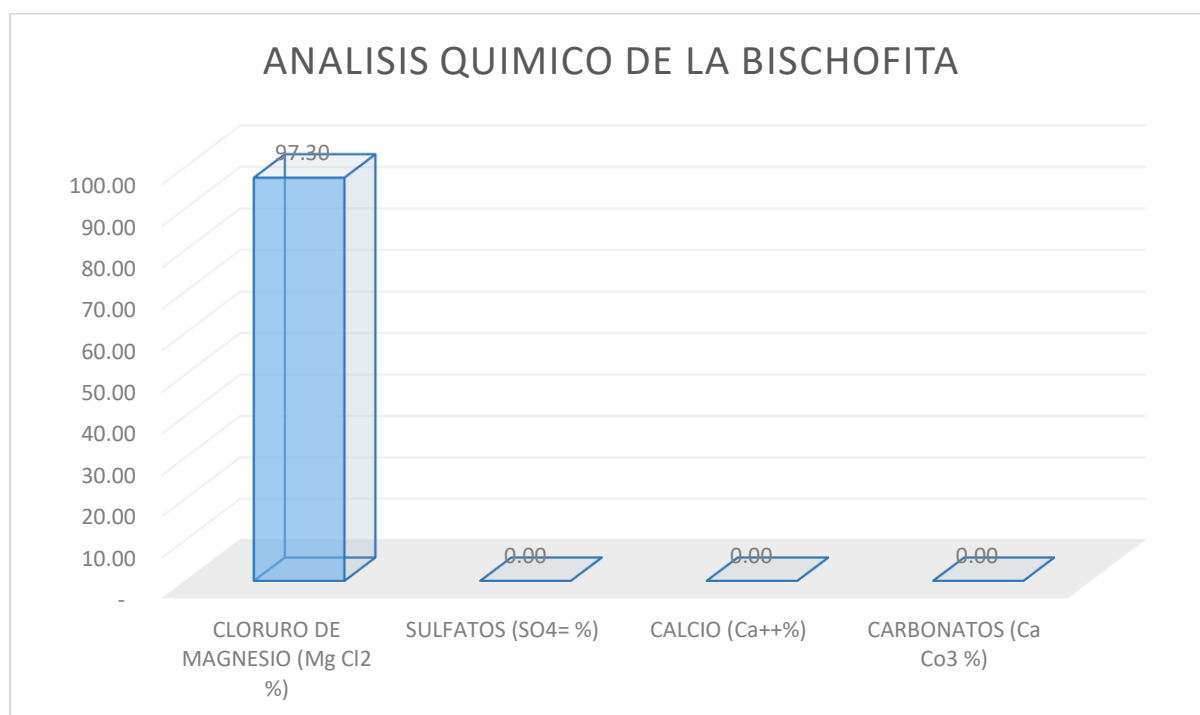


Gráfico 8. Análisis Químico de la Bischofita.

INTERPRETACION

Como se puede apreciar en el Grafico 8, de la muestra llevada al laboratorio del Centro Productivo del Departamento Productivo de Ingeniería Química (C.P.D.A.I.Q), fue analizada donde se halló un 97.30% el elemento químico predominante denominado Cloruro de Magnesio (Mg Cl₂), con 0.00% de Sulfatos, calcio y carbonatos.

PROPORCIÓN ÓPTIMA DE MEZCLA DEL CLORURO DE SODIO (NaCl): IN SITU + NaCl.

Para esta investigación se consideró usar una porción de Cloruro de Sodio (NaCl) de forma gradual, empezando desde el 5%, 10%, 15% 20%. El cloruro de Sodio se combinó con la muestra In Situ, se verifico los resultados luego de los ensayos físicos y mecánicos, obteniendo los siguientes datos:

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

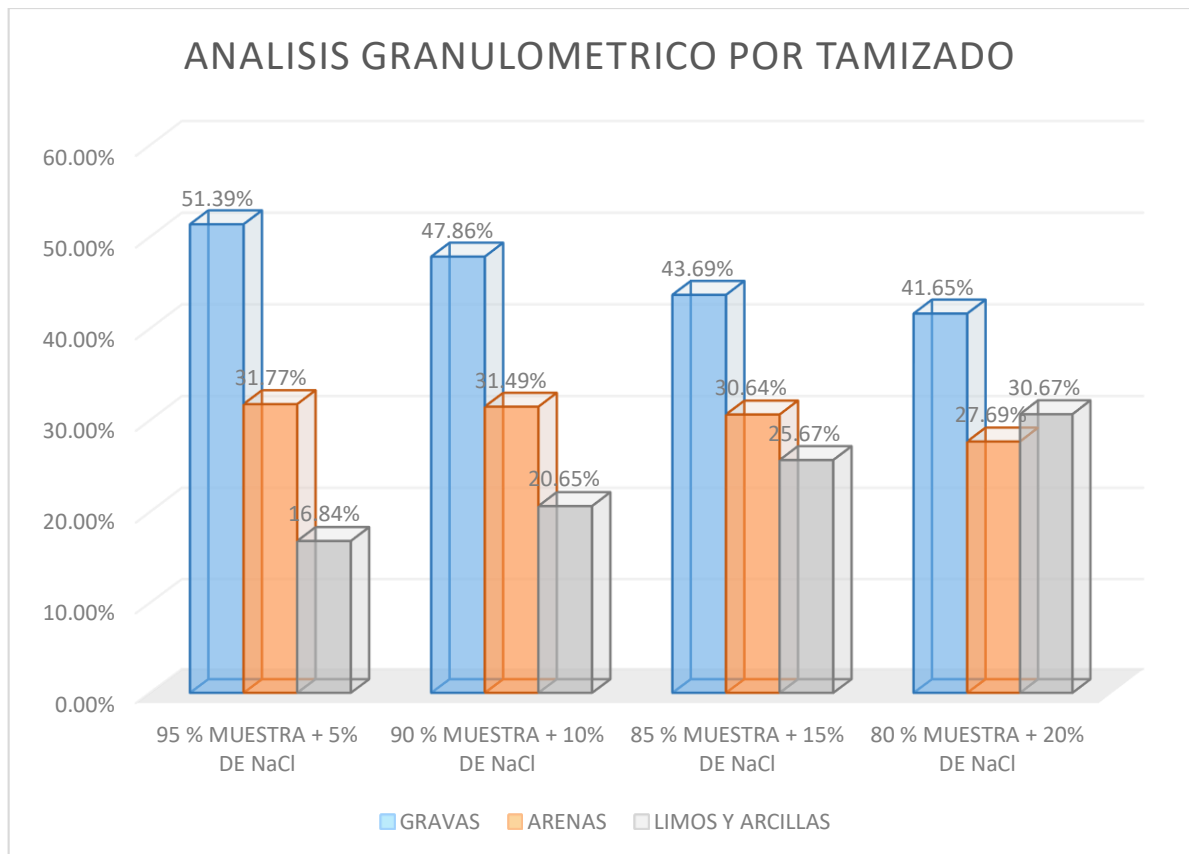


Gráfico 9. Análisis Granulométrico por Tamizado + Cloruro de Sodio.

INTERPRETACION

Del Gráfico 9, se puede visualizar que, con respecto al contenido de Gravass, el ensayo del Análisis Granulométrico por Tamizado la consideración de barras es de forma descendente con respecto a su contenido; siendo el mayor de 51.39% para el 5% de adición del Cloruro de Sodio (NaCl) y el menor contenido de gravass es de 41.65% para el 20% de adición del Cloruro de

Sodio (NaCl). Con respecto al contenido de Arenas, no existe mucha variación en la combinación gradual del Cloruro de Sodio (NaCl) en la muestra, siendo el mayor contenido de arena encontrado en la adición al 5% del Cloruro de Sodio (NaCl), con 31.77% y el menor contenido de arena, la representa cuando se adiciono 20% de Cloruro de Sodio (NaCl), tomando un valor de 27.69%. Con respecto al contenido de Limos y Arcillas, se puede interpretar que cuando más porcentaje se adiciona mayor es el contenido de finos, como se representa al 5% de Cloruro de Sodio (NaCl) los finos son de 16.84% y en 20% de Cloruro de Sodio (NaCl) los finos son de 30.67%.

LIMITES DE ATTERBERG.

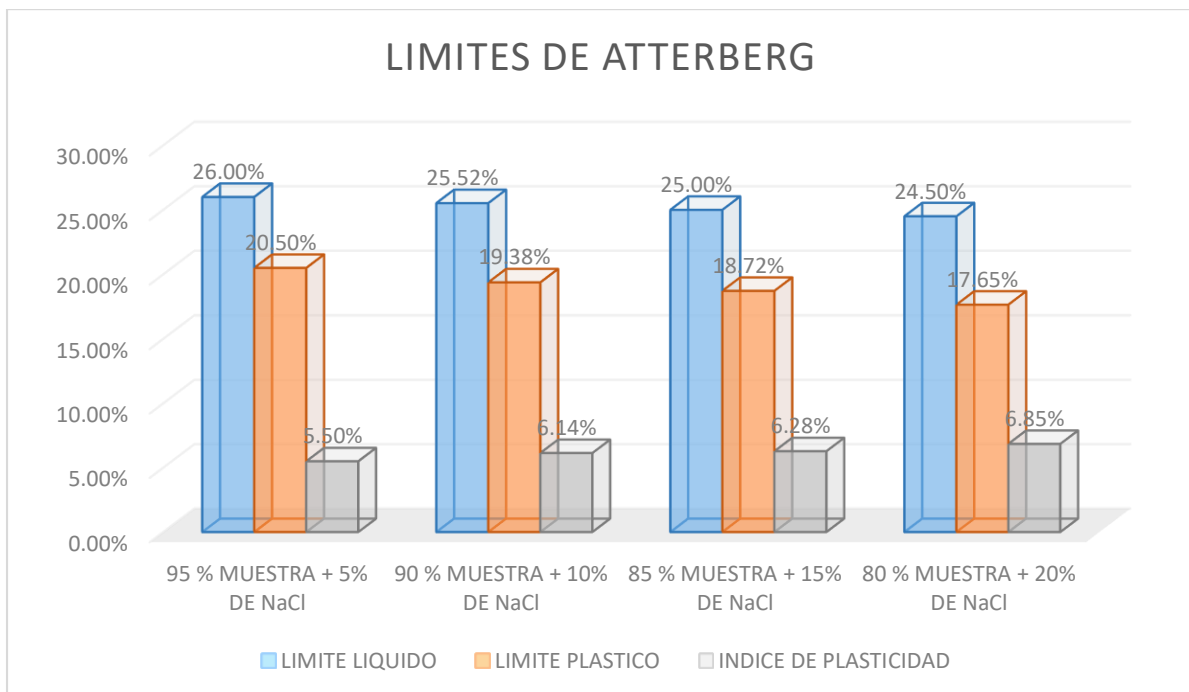


Gráfico 10. Límites de Atterberg + Cloruro de Sodio.

INTERPRETACION

Del Gráfico 10, se puede observar que con respecto al límite líquido cuanto más porcentaje de Cloruro de Sodio (NaCl) se le adiciona disminuye el límite líquido, el mayor porcentaje obtenido fue en la adición del 5% de Cloruro de Sodio (NaCl), con 26.00% y el menor porcentaje fue cuando se le adiciono el 20% de Cloruro de Sodio (NaCl), obteniendo 24.50% de Límite Líquido. Con respecto al Límite Plástico, podemos observar que las barras correspondientes tienen un grado descendente cuanto más Cloruro de Sodio (NaCl) se le

adiciona. Para ello, el mayor porcentaje represento al colocar el 5% de Cloruro de Sodio (NaCl) con un valor de 20.50% y el menor porcentaje represento al adicionarle el 20% de Cloruro de Sodio (NaCl), con un valor 17.65%. Con respecto al Índice de Plasticidad, el que representa el mayor índice es cuando se le adiciono el 20% de Cloruro de Sodio (NaCl), siendo de 6.85%. Cabe resaltar, que la reacción química por cristalización en adición con el Cloruro de Sodio (NaCl), genera índice de plasticidad en el material de prueba.

PRUEBA DE COMPACTACION

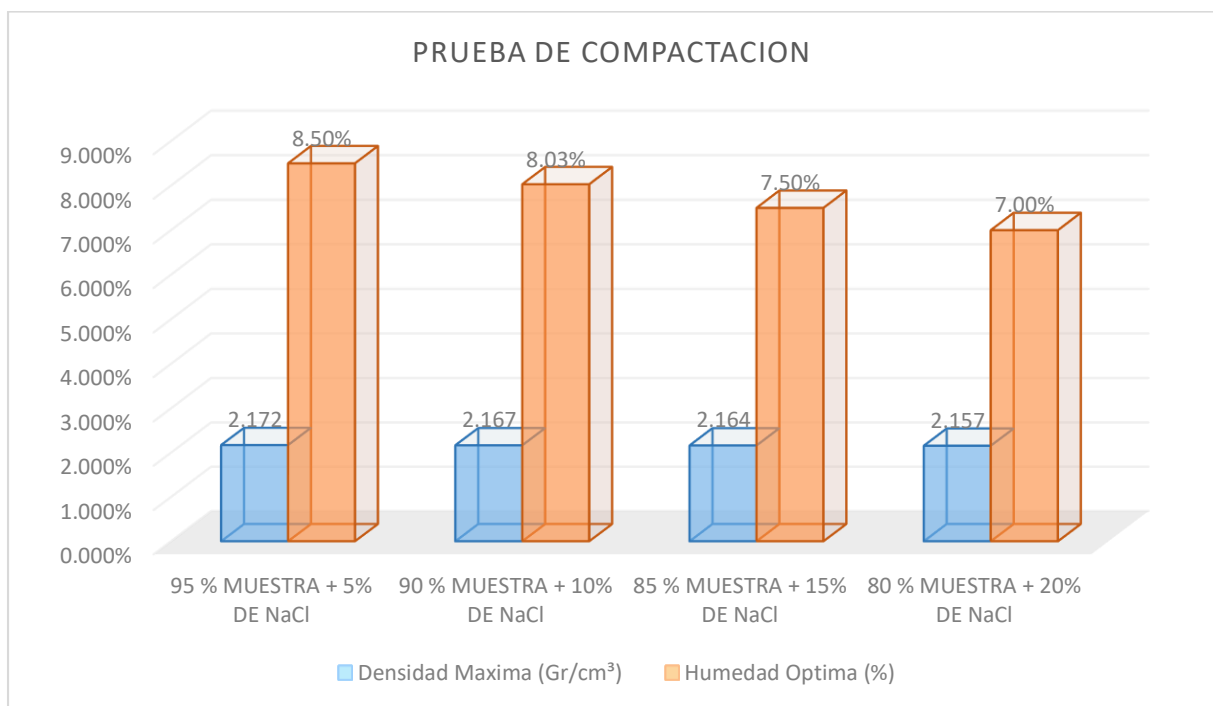


Gráfico 11. Prueba de Compactación + Cloruro de Sodio (NaCl).

INTERPRETACION

Del Gráfico 11, podemos afirmar que la Densidad Máxima (Gr/cm³), se representa en forma descendente a menor adición de Cloruro de Sodio (NaCl), donde para un 5% de Cloruro de Sodio (NaCl) en combinación con la muestra fue de 2.172 Gr/cm³, y la menor densidad máxima la representa al adicionarle el 20% de Cloruro de Sodio (NaCl), dando como resultado 2.157 Gr/cm³. Por otro lado, con respecto a la humedad óptima, podemos visualizar en el grafico 10,

que la misma se representa en forma descendente cuando mayor porcentaje de Cloruro de Sodio (NaCl) se le adiciona, siendo el mayor valor para el 5% de Cloruro de Sodio (NaCl), el cual es 8.50% y el mínimo valor fue 7.00% al adicionarle 20% de Cloruro de Sodio (NaCl).

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

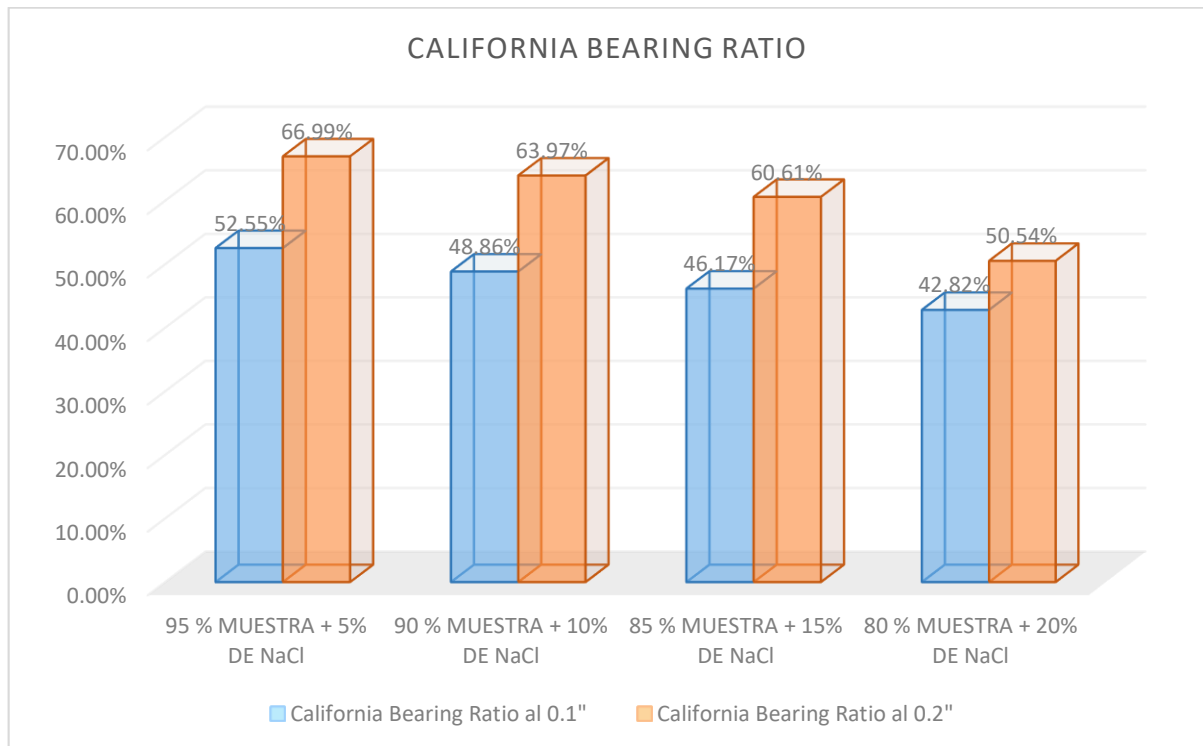


Gráfico 12. California Bearing Ratio + Cloruro de Sodio (NaCl).

INTERPRETACION

Del Grafico 12, podemos observar el incremento que ha tenido el uso paulatino de Cloruro de Sodio (NaCl), empezando de 5% hasta el 20%, para ello por norma se toma el valor del 95% de la Máxima Densidad Seca a 0.1\" de penetración. Podemos observar que cuanto más es el porcentaje que se le adiciona, menor es la resistencia que aporta al suelo. Obteniendo un California Bearing Ratio (CBR) mayor de 52.55% adicionándole el 5% de Cloruro de Sodio (NaCl), y la menor resistencia fue cuando se le adiciono el 20% de Cloruro de Sodio (NaCl), con un valor de 42.82%.

ANALISIS QUIMICO DEL CLORURO DE SODIO (NaCl)

Cuadro N° 06. *Análisis Químico del Cloruro de Sodio (NaCl)*

ANALISIS QUIMICO DEL CLORURO DE SODIO	
DETERMINACION	SODIO
CLORURO DE SODIO (Na Cl %)	98.45
SULFATOS (SO ₄ = %)	0.54
CALCIO (Ca ⁺⁺ %)	0.00
CARBONATOS (Ca Co ₃ %)	0.00
INSOLUBLES (%)	0.30

Fuente: Elaboracion Propia, 2018.

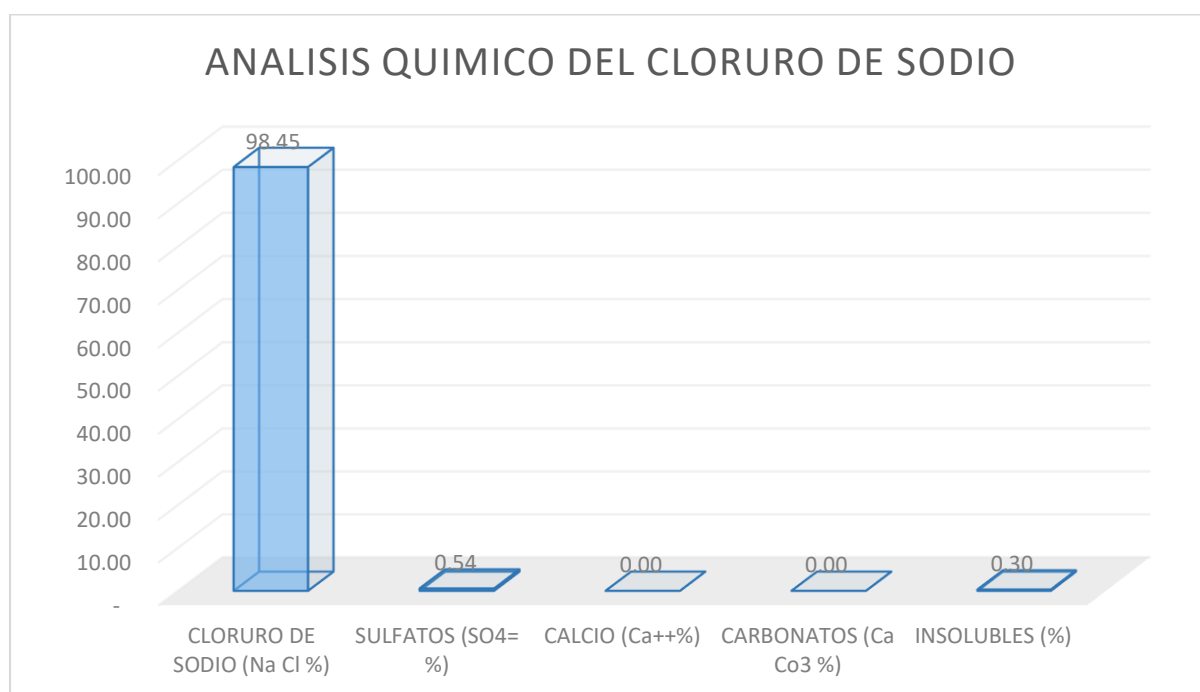


Gráfico 13. Análisis Químico del Cloruro de Sodio (NaCl).

INTERPRETACION

Como se puede apreciar en el Grafico 13, de la muestra llevada al laboratorio del Centro Productivo del Departamento Productivo de Ingeniería Química (C.P.D.A.I.Q), fue analizada donde se halló un 98.45% el elemento químico predominante denominado Cloruro de Sodio (Na Cl), con 0.54% de Sulfatos, 0.00% de calcio, 0.00% de carbonatos y 0.30% de insolubles.

COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (Mg Cl₂) FRENTE AL CLORURO DE SODIO (NaCl)

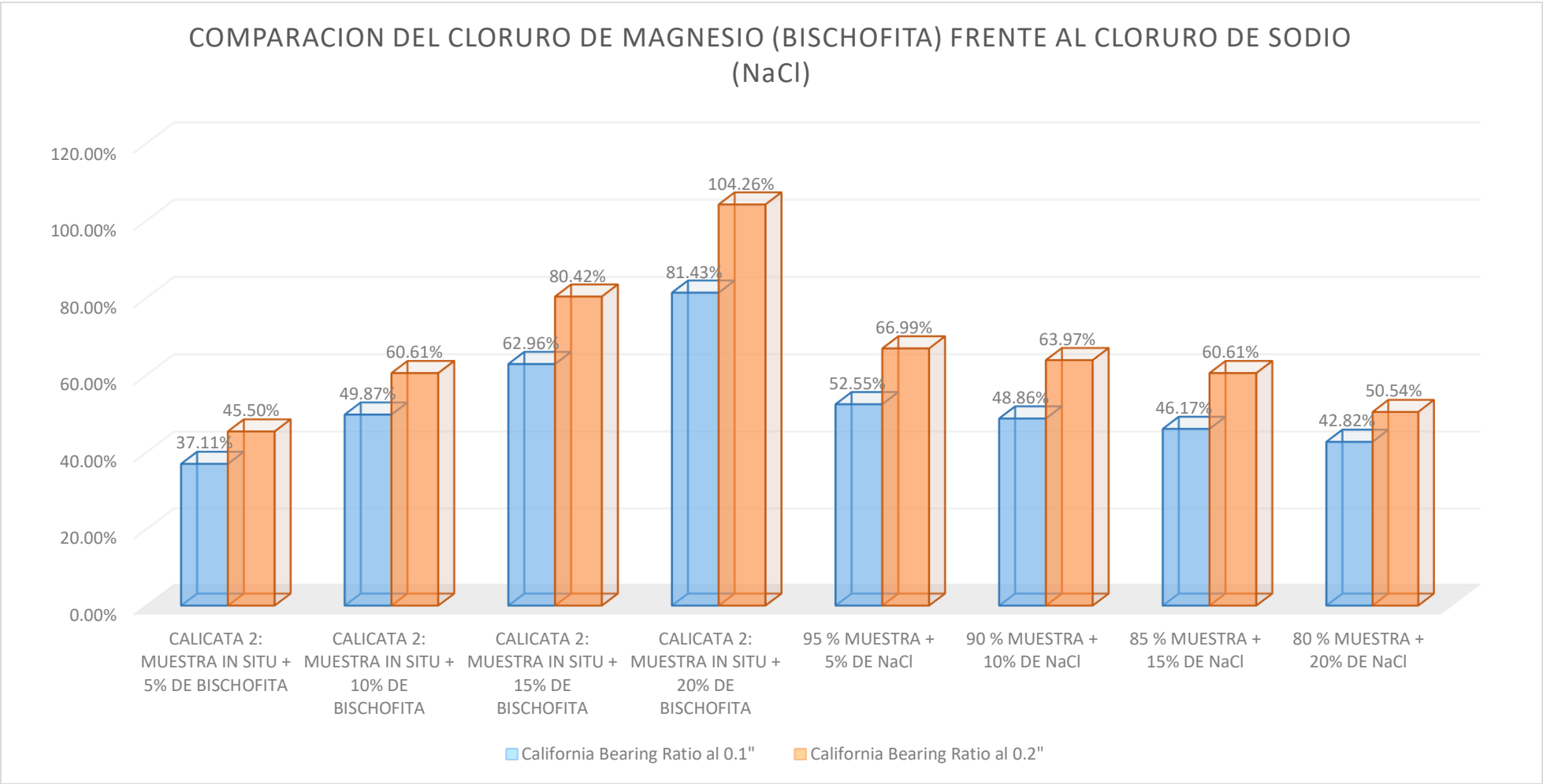


Gráfico 14. Comparación Del Cloruro De Magnesio (Mg Cl₂) Frente Al Cloruro De Sodio (NaCl).

INTERPRETACION

Del Gráfico 14, Se afirma que, el incremento que ha tenido el uso paulatino del Cloruro De Magnesio ($MgCl_2$) empezando desde el 5% hasta el 20%, para ello por norma se toma el valor del 95% de la Maxima Densidad Seca a 0.1” de penetración, cabe mencionar que el California Bearing Ratio IN SITU de la Calicata 2 es 30.39%. Siendo así podemos interpretar que al 5% de Cloruro De Magnesio ($MgCl_2$) + 95% de Muestra IN SITU, se ha obtenido un California Bearing Ratio (CBR) de 37.11%, Asimismo, al 20% de Cloruro De Magnesio ($MgCl_2$) + 80% de Muestra IN SITU, se ha obtenido un California Bearing Ratio (CBR) de 81.43%. Por otro lado, el uso paulatino de Cloruro de Sodio ($NaCl$), empezando de 5% hasta el 20%, podemos observar que cuanto más es el porcentaje que se le adiciona de Cloruro de Sodio ($NaCl$), menor es la resistencia que aporta al suelo. Obteniendo un California Bearing Ratio (CBR) mayor de 52.55% al adicionándole el 5% de Cloruro de Sodio ($NaCl$), y la menor resistencia fue cuando se le adiciono el 20% de Cloruro de Sodio ($NaCl$), con un valor de 42.82%. De los estudios realizados podemos afirmar, que el valor óptimo de estabilización para una mezcla de IN SITU + Cloruro De Magnesio ($MgCl_2$) es de 80% de muestra + 20% de Cloruro De Magnesio ($MgCl_2$). Y el valor óptimo de estabilización para una mezcla IN SITU + Cloruro de Sodio ($NaCl$) es de 95% de muestra + 5% de Cloruro de Sodio ($NaCl$). Afirmamos bajo esta investigación que en comparación con el Cloruro de Sodio ($NaCl$), el Cloruro De Magnesio ($MgCl_2$) o Bischofita aporta mayor resistencia al suelo a nivel de laboratorio.

CAPITULO IV DISCUSIÓN

DISCUSION

Con respecto al primer objetivo, ING. SEMINARIO, Y. (2017). “Estabilización de suelos arenosos limosos mediante la ceniza de cascarilla de arroz y cal, para mejorar la sub-rasante de un pavimento en la avenida los algarrobos – Piura, 2017” (TESIS DE PREGRADO). Universidad Cesar Vallejo, Piura, Perú. Con respecto a las Propiedades físicas, se afirma que la estabilización de suelos arenosos limosos mediante la ceniza de cascarilla de arroz y cal no incito a un ascenso en las propiedades físicas de la sub-rasante del pavimento en la Av. Los Algarrobos, ya que no se registró un cambio o diferenciación de los valores y clasificación de las propiedades en estudio como lo fueron, limite líquido, limites plástico, índice de plasticidad y granulometría. Con respecto a esta investigación, se ha realizado los estudios para las propiedades físicas adicionando el Cloruro de Sodio (NaCl) donde, no existe mucha variación entre los análisis insitus granulométricos y con la adición del Cloruro de Sodio, está ligeramente por debajo del análisis sometido en laboratorio, siendo el más representativo el de la calicata 2, teniendo 51.45% de contenido de gravas insitu, y adicionándole el Cloruro de Sodio, corresponde a 51.39% de contenido de gravas, para ello, podemos entender que el Cloruro de Sodio aumenta en cantidad de finos y/o Limos y Arcillas, por lo cual el contenido de gravas es menor en comparación con el inicial, en mínimo porcentaje. Para la calicata 2 el contenido de finos de los enayos IN SITUs es de 18.38% y adicionándole el 20% de Cloruro de Sodio (NaCl) es de 30.67% de contenido de finos.

Con respecto al segundo Objetivo, para MGS. GUTIÉRREZ, C. (2010). “Estabilización Química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio” (TESIS POST GRADO). Universidad Ricardo Palma. Lima. Perú. Afirma en su proyecto de investigación que: “[...] La principal aplicación de la Bischofita es el uso que se le da como estabilizador de caminos no pavimentados; razón por la cual y basado en la experiencia acumulada a la fecha, RoadMag permite estabilizar casi cualquier tipo de suelo. Sin embargo, se obtiene un mejor desempeño del producto con suelos que poseen estabilidad mecánica (CBR > 50–60% saturado o no sumergido según requerimientos de proyecto), además de cumplir ciertos requerimientos de granulometría y plasticidad.” Para esta investigación podemos observar mediante los análisis

realizados que el California Bearing Ratio (CBR) IN SITU de la Calicata 2 es 30.39%. Siendo así podemos interpretar que al 5% de Bischofita + 95% de Muestra IN SITU, se ha obtenido un California Bearing Ratio (CBR) de 37.11%, Asimismo, al 20% de Bischofita + 80% de Muestra IN SITU, se ha obtenido un California Bearing Ratio (CBR) de 81.43%. Se puede discutir que la bischofita mejora las propiedades mecánicas de un suelo de tipo SM, como se ha tenido en consideración con el estudio de Suelos realizado en la zona de estudio.

Con respecto al tercer objetivo, ING. SEMINARIO, Y. (2017). “Estabilización de suelos arenosos limosos mediante la ceniza de cascarilla de arroz y cal, para mejorar la sub-rasante de un pavimento en la avenida los algarrobos – Piura, 2017” (TESIS DE PREGRADO). Universidad Cesar Vallejo, Piura, Perú. Los resultados se concluyen que la proporción óptima de mezcla estabilizada de suelo arenoso corresponde al 20% de Ceniza de Cascarilla de Arroz y 3% de Cal [...] ya que mostró un aumento favorable de la resistencia de las probetas al ser sometidas a una presión en diferentes días de cura (siete, catorce y veinte y ocho días). Siendo la probeta de la proporción de 20% CCA y 3% Cal a los 28 días de cura la que alcanzo el mayor valor de resistencia a la compresión. Por otro lado, para esta investigación se ha tomado en consideración que tanto para el Cloruro de Sodio (NaCl) y el Cloruro De Magnesio (Mg Cl₂) o Bischofita, se elaboren las pruebas y ensayos en proporciones del cinco, diez, quince y veinte porcientos. De los estudios realizados podemos afirmar, que el valor óptimo de estabilización para una mezcla de IN SITU + Cloruro De Magnesio (Mg Cl₂) es de 80% de muestra + 20% de Cloruro De Magnesio (Mg Cl₂), obteniendo un California Bearing Ratio (CBR) de 81.43%. Y con respecto al Cloruro de Sodio (Na Cl), el valor óptimo de estabilización para una mezcla IN SITU + Cloruro de Sodio (Na Cl) es de 95% de muestra + 5% de Cloruro de Sodio (NaCl), obteniendo un California Bearing Ratio (CBR) de valor de 42.82%. se han tomado distintas consideraciones para determinar la resistencia para la ING. SEMINARIO, ha determinado la resistencia mediante el ensayo a compresión no confianda, en cambio para esta investigación el valor de resistencia se determinó por el ensayo de California Bearing Ratio.

CAPITULO V CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Se realizó el estudio de suelos en la en la vía a la Cantera Santa Rita del distrito de Pariñas de la provincia de Talara del departamento de Piura. En la cual se determinó las propiedades físicas y mecánicas, con perforaciones en el terreno cada 250 metros, en las progresivas 0+250, 0+500, 0+750, 1+0000, donde el tipo de suelo de las cuatro calicatas o perforaciones en el terreno fue “SM” según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) es “Arena limosa”, los cuales son materiales finos sin plasticidad o baja plasticidad. La terminología A – 1 – b, según American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), donde no existió Limite Plástico y/o Índice de Plasticidad, ya que el estudio de suelo ya que al ser de clasificación “SM”, los cuales son materiales finos sin plasticidad o baja plasticidad. Con una Humedad optima promedio de 9.44% en las cuatro calicatas evaluadas, una Densidad Máxima promedio de 1.80 Gr/cm³, cuyo California Bearing Ratio (CBR) promedio es 27.96%.

Con respecto a la adición de esta nueva técnica de estabilización y/o mejora de las propiedades físico-mecánicas de la sub-rasante en la la via a la Cantera Santa Rita del Distrito de Pariñas de la Provincia de Talara, del Departamento de Piura, mediante los ensayos realizados a la Calicata 2 tiene un California Bearing Ratio IN SITU (inicial) de 30.39%. podemos observar el incremento que ha tenido el uso paulatino de Bischofita (Cloruro de Magnesio) empezando de 5% hasta el 20%, para ello por norma se toma el valor del 95% de la Máxima Densidad Seca a 0.1” de penetración, Así, podemos concluir que al 5% de Bischofita + 95% de Muestra IN SITU, se ha obtenido un California Bearing Ratio (CBR) de 37.11%, Asimismo, al 20% de Bischofita + 80% de Muestra IN SITU, se ha obtenido un California Bearing Ratio (CBR) de 81.43%. Por otro lado, el uso paulatino de Cloruro de Sodio (NaCl), empezando de 5% hasta el 20%, podemos observar que cuanto más es el porcentaje que se le adiciona de Cloruro de Sodio (NaCl), menor es la resistencia que aporta al suelo. Obteniendo un California Bearing Ratio (CBR) mayor de 52.55% al adicionándole el 5% de Cloruro de Sodio (NaCl), y la menor resistencia fue cuando se le adiciono el 20% de Cloruro de Sodio (NaCl), con un valor de 42.82%. Afirmamos bajo esta investigación que en comparación con el Cloruro de Sodio (NaCl), el Cloruro De Magnesio (Mg Cl₂) o Bischofita aporta mayor resistencia al suelo a nivel de laboratorio.

Con respecto a la proporción óptima del uso tanto del Cloruro de Sodio (NaCl) y el Cloruro de Magnesio (Mg Cl₂) o Bischofita, Para métodos prácticos y para obtener una misma relación en proporciones y resultados se ha tomado en consideración que tanto para el Cloruro de Sodio (NaCl) y el Cloruro De Magnesio (Mg Cl₂) o Bischofita, se elaboren las pruebas y ensayos en proporciones del 5%, 10%, 15% y 20%. De los estudios realizados podemos afirmar, que el valor óptimo de estabilización para una mezcla de IN SITU + Cloruro De Magnesio (Mg Cl₂) es de 80% de muestra + 20% de Cloruro De Magnesio (Mg Cl₂), obteniendo un California Bearing Ratio (CBR) de 81.43%. Y con respecto al Cloruro de Sodio (Na Cl), el valor óptimo de estabilización para una mezcla IN SITU + Cloruro de Sodio (Na Cl) es de 95% de muestra + 5% de Cloruro de Sodio (NaCl), obteniendo un California Bearing Ratio (CBR) de valor de 42.82%.

CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

Es importante complementar el estudio y ahondar más en las múltiples aplicaciones de este cloruro de Magnesio y/o Bischofita y someterlo en adición a otro tipo de suelos como los CL, ML, OL, etc; para los entendidos, aquellos suelos que tienen considerable índice de plasticidad, por lo tanto, su resistencia es menor al 6% de California Bearing Ratio (CBR).

Se recomienda la indagación aproximada de otras sales de la familia de los Cloruros; que puedan producirse en la jurisdicción del territorio peruano y que puedan acceder nuevas opciones y/o Técnicas para el equilibrio de carreteras no pavimentadas.

CAPÍTULO VII.
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Del Ministerio de Transportes y Comunicación (MTC). (2014.) “*Manual de Carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)*”. Perú.

Del Ministerio de Transportes y Comunicación (MTC). (2013). “*Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción”*”. Perú.

Del Ministerio de Transportes y Comunicación (MTC). (2008) “*Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*”. Terminología Aplicada. Lima, Perú. Editorial: Viceministerio de Transporte.

Del Ministerio de Transportes y Comunicación (MTC). (2016.) “*Manual de Ensayos de Materiales*”. Perú.

Del Ministerio de Transportes y Comunicación (MTC). (2005) “*Manual para el Diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito*”. Resolución Directoral N° 084-2005-MTC. Lima, Perú. Editorial: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

Empresa SQM. (2018). *The WorldWide Bussines Formula*. “*Cloruro de Magnesio Hexahidratado*”. Artículo Web. Atlanta, North América, Recuperado de <http://www.sqm.com/es/productos/quimicosindustriales/clorurodemagnesiohexahidratado.aspx>.

Engineering 360°, E. (2018). Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO (S/N), *Ensayos de AASHTO* © Copyright, 2. *IEEE GlobalSpec*, Recuperado de: <https://standards.globalspec.com/>

[Fotografía de Erick. M Chávez Bulnes]. (Vía a la Cantera Santa Rita. 2018). Álbum para el Proyecto de Investigación. Título de Maestro en Ing. Civil. Enace, Provincia de Talara, Piura, Perú.

[Fotografías de Manual de Ensayo de Materiales] (Imágenes del Libro. 2016). Imágenes obtenidas del manual. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima. Perú.

Gutiérrez, C. (2010). “*Estabilización Química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio*” (Tesis Post Grado). Universidad Ricardo Palma. Lima. Perú.

Maturando, J, Aguilera, S & Bustos, G. (2015). “*Diseño y Aplicación Experimental de soluciones salinas anti hielo con aditivos residuales de origen orgánico*” (Tesis Post Grado). Universidad Nacional de San Juan. San Juan. Argentina.

Seminario, Y. (2017). “*Estabilización de suelos arenosos limosos mediante la ceniza de cascarilla de arroz y cal, para mejorar la subrasante de un pavimento en la avenida los algarrobos – Piura, 2017*” (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Piura, Perú.

CAPÍTULO VIII.
ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA.

Cuadro N° 07. Matriz de Consistencia.

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLES / DIMENSIONES	METODOLOGIA	POBLACIÓN Y MUESTRA
PROBLEMA GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OBJETIVO GENERAL	V. INDEPENDIENTE	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN
¿Cuál es mejor, el cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de sodio como estabilizante químico para mejorar la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018?	El cloruro de magnesio (bischofita) como estabilizante químico frente al cloruro de sodio mejorará la subrasante en la vía a la Cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura.	Comparar el cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de sodio como estabilizante químico para mejorar la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018.	Cloruro de magnesio (bischofita) como estabilizante químico.	Este proyecto ha sido orientado a la investigación Experimental Pura	La avenida principal de Enace 03 a la Cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura.
PROBLEMAS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	Dimensiones:	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	MUESTRA
¿En qué medida la estabilización de suelo mediante el cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de sodio permitirá mejorar las propiedades físicas de la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018?	La Evaluación de estabilización de suelo mediante el cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de sodio permite mejorar las propiedades físicas de la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018.	Evaluar la estabilización de suelo mediante el cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de sodio para mejorar las propiedades físicas de la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018	Comparar las Propiedades físicas.	Es de nivel Descriptivo y Exploratorio	La vía a la Cantera Santa Rita.

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLES / DIMENSIONES	METODOLOGIA	POBLACIÓN Y MUESTRA
¿ En qué medida la estabilización de suelo mediante el cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de sodio permitirá mejorar las propiedades mecánicas de la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018?	La Evaluación de la estabilización de suelo mediante el cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de sodio permite mejorar las propiedades mecánicas de la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018.	Evaluar la estabilización de suelo mediante el cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de sodio para mejorar las propiedades mecánicas de la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018	Comparar Propiedades Mecánicas	las	TIPO DE INVESTIGACIÓN
¿Cuál es la proporción optima de mezcla del cloruro de magnesio (bischofita) para estabilizar el suelo para mejorar la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018?	La proporción optima de mezcla del cloruro de magnesio (bischofita) para estabilizar el suelo permitirá mejorar la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018.	Determinar la proporción optima de mezcla del cloruro de magnesio (bischofita) para estabilizar el suelo para mejorar la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018	Proporción óptima de mezcla suelo + MgCl	Es de tipo Aplicativa.	
			V. DEPENDIENTE		
			Subrasante		
			Dimensiones:		
			Resistencia a CBR de suelos mejorados usando la mezcla de Cloruro de Magnesio (bischofita)		

Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANEXO 02: VISITA IN SITU DE LA ZONA DE ESTUDIO.



Fotografía 1. Ubicación Satelital de la zona de estudio.

Leyenda:

Como se puede apreciar la zona de estudio para esta investigación, está situada en la avenida principal de ENACE 03 hasta la entrada a la cantera SANTA RITA, perteneciente al Distrito de Pariñas, Provincia de Talara del Departamento de Piura.

La cual como se puede apreciar en el proyecto tiene una longitud de 974.18 metros lineales, con un ancho promedio de 6.00 m. de longitud.

Fuente: Software aplicativo de Ubicación: Google Earth, 2018.



Fotografía 2. Urb. Santiago Salaverry



Fotografía 3. Urb. Santiago Salaverry

Leyenda:

Como se puede apreciar en la fotografía 02 y 03, la zona de estudio para esta investigación, inicia aledaña a la Urbanización Santiago Salaverry, perteneciente a ENACE 03. Distrito de Pariñas Provincia de Talara, del departamento de Piura.

Fuente: Cantera Santa Rita en ENACE 03. Distrito de Pariñas, Provincia de Talara, del departamento de Piura.



Fotografía 4. Inicio de la zona de estudio, en la vía a la cantera Santa Rita, Progresiva 0+250.

Leyenda:

Como se puede apreciar en la fotografía 04, existe in situ un pórtico el que muestra la entrada a la cantera Santa Rita, la cual dicha vía, se encuentra a nivel de sub-rasante, donde se estabilizara usando los dos métodos antes mencionados; el Cloruro de Sodio y el Cloruro de Magnesio (bischofita), siendo este último una alternativa nueva de estabilización, donde se compararan los dos estudios, y se verificara tanto sus beneficios tanto como sus propiedades en esta investigación.

Fuente: ENACE 03. Distrito de Pariñas, Provincia de Talara, del departamento de Piura.



Fotografía 5. Reconocimiento de Campo. Prog. 0+500.



Fotografía 6. Reconocimiento de Campo. Prog. 0+750.

Leyenda:

Como se puede apreciar en la fotografía 05 y 06, el recorrido de campo se realizó el día 16/04/2018 con el cual podemos observar el terreno, es una zona llana, de aproximadamente 6 metros de ancho promedio, accidentada en algunas zonas, donde se necesita realizar un relleno, de material propio.

Fuente: ENACE 03. Distrito de Pariñas, Provincia de Talara, del departamento de Piura.



Fotografía 7. Reconocimiento de campo, Prog. 1+000.



Fotografía 8. Progresiva 1+000. Bajada a la Cantera Santa Rita.

Leyenda:

Como se puede apreciar en la fotografía 08. Se puede observar a unos 100 metros aprox. una curva donde se extrae el material. Cantera Santa Rita.



Fotografía 9. Cantera Santa Rita.



Fotografía 10. Bajada a la Cantera Santa Rita.

Leyenda:

Como se puede apreciar en la fotografía 09 y 10. Se puede observar el material de afirmado, pero con proporciones aproximadas de abundante arcilla, en la Cantera Santa Rita.

Fuente: Cantera Santa Rita. ENACE 03. Distrito de Pariñas, Provincia de Talara, del departamento de Piura.

ANEXO 03: ESTUDIO DE SUELOS DE LA ZONA DE ESTUDIO.

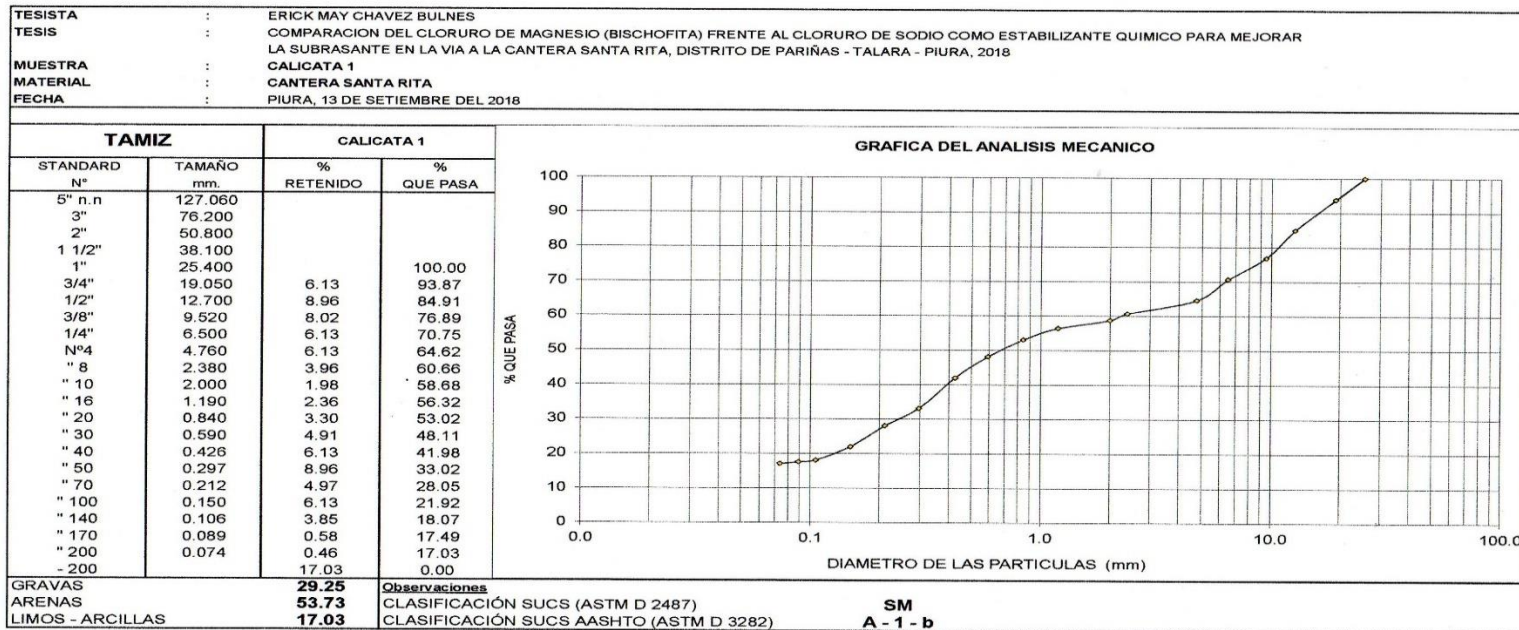
CALICATA I.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
CENTRO DE ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE MECANICA DE SUELOS



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E107-ASTM D422)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
JEFE

Fotografía 11. Análisis Granulométrico por tamizado.

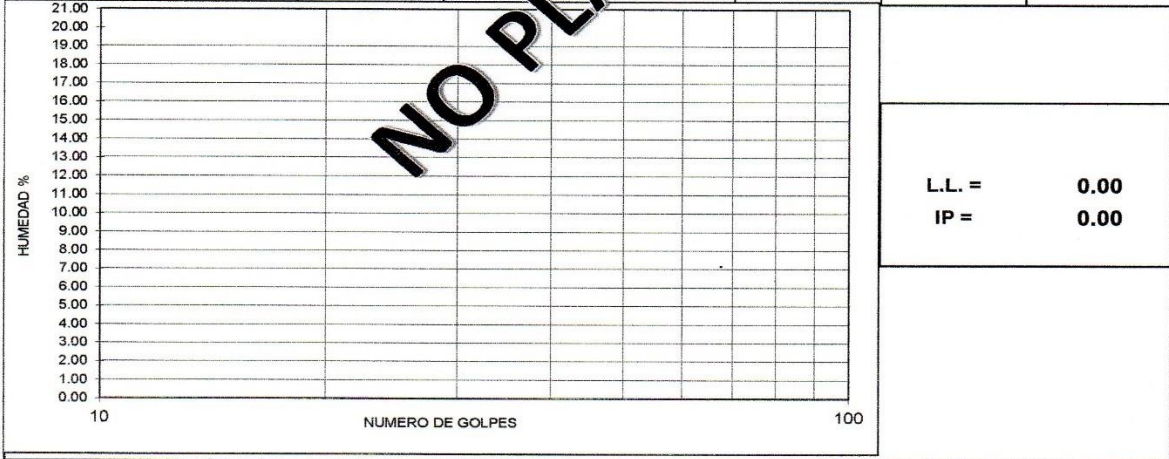


LIMITES DE ATTERBERG

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATA 1
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

1.-LIMITE LIQUIDO		MTC E 110					
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %

2.- LIMITE PLASTICO		MTC E 111					
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO %
							0.00



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 J E F F

Fotografía 12. Límites de Atterberg.



**RESISTENCIA A DEGRADACION DE AGREGADOS GRUESOS
 ENSAYO DE ABRASION E IMPACTO EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES
 (MTC E 207)**

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATA 1
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

MATERIALES DEL ENSAYO :			CALICATA 1	
PASA	TAMIZ	RETIENE	PESO INICIAL (Gr)	PESO FINAL (Gr)
3/4 "		1/2 "	1380.70	1019.50
1/2 "		1/8 "	1676.30	1288.80
3/8 "		1/4 "	1738.20	1501.80
1/4 "		N° 4	1344.40	1153.40
RESULTADOS				
PESO ANTES DEL ENSAYO			6139.60	
PESO DESPUES DEL ENSAYO			4963.50	
PERDIDA			1176.10	
ABRASION			19.16%	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos

 Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 J E F E

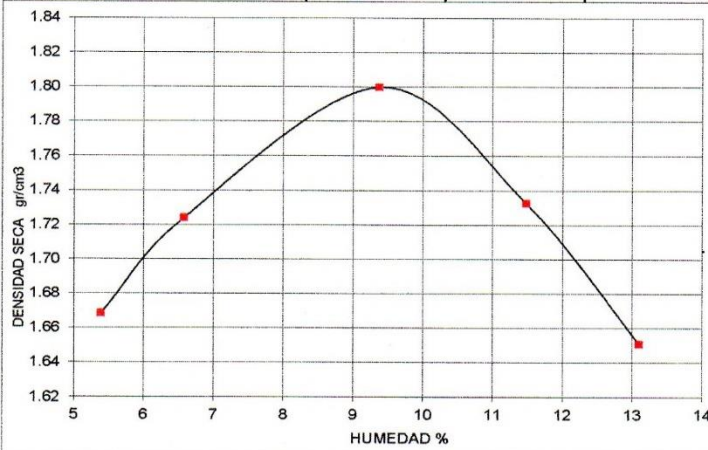
Fotografía 13. Resistencia a degradación de agregados gruesos.



PRUEBA DE COMPACTACION
PROCTOR MODIFICADO (MTC E115 - ASTM D1557)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATA 1
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

DENSIDAD	UNIDADES	1	2	3	4	5
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	7620.0	7780.0	8045.0	7970.00	7840.00
2- Peso Molde	gr.	4063.0	4063.0	4063.0	4063.00	4063.00
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	3557.0	3717.0	3982.0	3907.00	3777.00
4- Volumen Molde	cm ³	2023.0	2023.0	2023.0	2023.00	2023.00
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm ³	1.76	1.84	1.97	1.93	1.87
HUMEDAD	UNIDADES	1	2	3	4	5
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	260.60	221.70	237.00	269.00	253.20
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	249.25	210.50	221.71	245.35	228.50
8- Peso Tara	gr.	38.95	40.25	58.65	39.40	40.00
9- Peso Agua (6-7)	gr.	11.35	11.20	15.29	23.65	24.70
10- Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	210.30	170.25	163.06	205.95	188.50
11- Humedad % (9/10)x100	%	5.40	6.58	9.38	11.48	13.10
12- Densidad Seca :	gr/cm ³	1.67	1.72	1.800	1.73	1.65



MUESTRA:	
MOLDE N°	4
N° CAPAS	5
PESO MARTILLO	10 lb
ALTURA DE CAIDA	18 Pulg.
N° GOLPES x CAPA	56
DENSIDAD MAXIMA	1.800 Gr/cm³
HUMEDAD OPTIMA	9.38 %



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos
 Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

Fotografía 14. Prueba de Compactación.

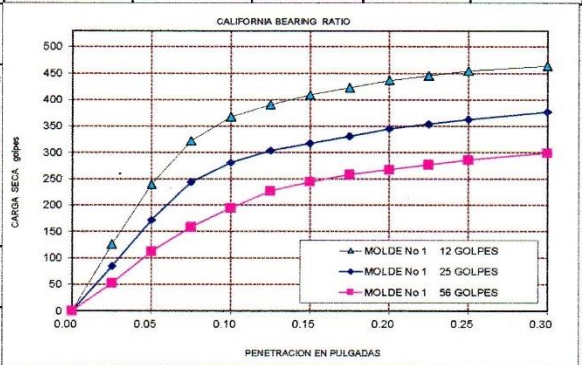


ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO
(MTC E 132 - ASTM D 1883)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATA 1
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

PENETRACION	MOLDE No 1 12 GOLPES			MOLDE No 1 25 GOLPES			MOLDE No 1 56 GOLPES		
	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido
	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %
0.000	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.00	
0.025	6.00	52.6		13.00	84.6		22.00	125.72	
0.050	19.00	112.0		32.00	171.4		47.00	239.92	
0.075	29.00	157.7		48.00	244.5		65.00	322.14	
0.100	37.00	194.2	14.28	56.00	281.0	20.66	75.00	367.82	27.04
0.125	44.00	226.2		61.00	303.9		80.00	390.66	
0.150	48.00	244.5		64.00	317.6		84.00	408.93	
0.175	51.00	258.2		67.00	331.3		87.00	422.64	
0.200	53.00	267.3	19.65	70.00	345.0	25.36	90.00	436.34	32.07
0.225	55.00	276.5		72.00	354.1		92.00	445.48	
0.250	57.00	285.6		74.00	363.3		94.00	454.61	
0.300	60.00	299.3		77.00	377.0		96.00	463.75	

Golpes	12	25	56
Numero de capas	5	5	5
Humedad (%)	9.38	9.38	9.38
Peso del molde (gr)	4,050.00	4,126.00	4,995.00
P. molde + suelo hum. (gr)	8,120.00	8,520.00	9,400.00
Volumen del molde (cm3)	2,234.00	2,299.00	2,240.00
Densidad hum. (gr/cm3)	1.82	1.91	1.97
Densidad seca (gr/cm3)	1.67	1.75	1.80
C.B.R. a 0.1"	14.28	20.66	27.04
C.B.R. a 0.2"	19.65	25.36	32.07
DENSIDAD MAXIMA (PROCTOR)	1.80	Gr/cm ³	
85 % DE LA DENSIDAD MAXIMA	1.71	Gr/cm ³	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos
 Dr. Ing. Hipólito Tume Chapá
 JEFE

Fotografía 15. Ensayo de California Bearing Ratio.

CALICATA II.

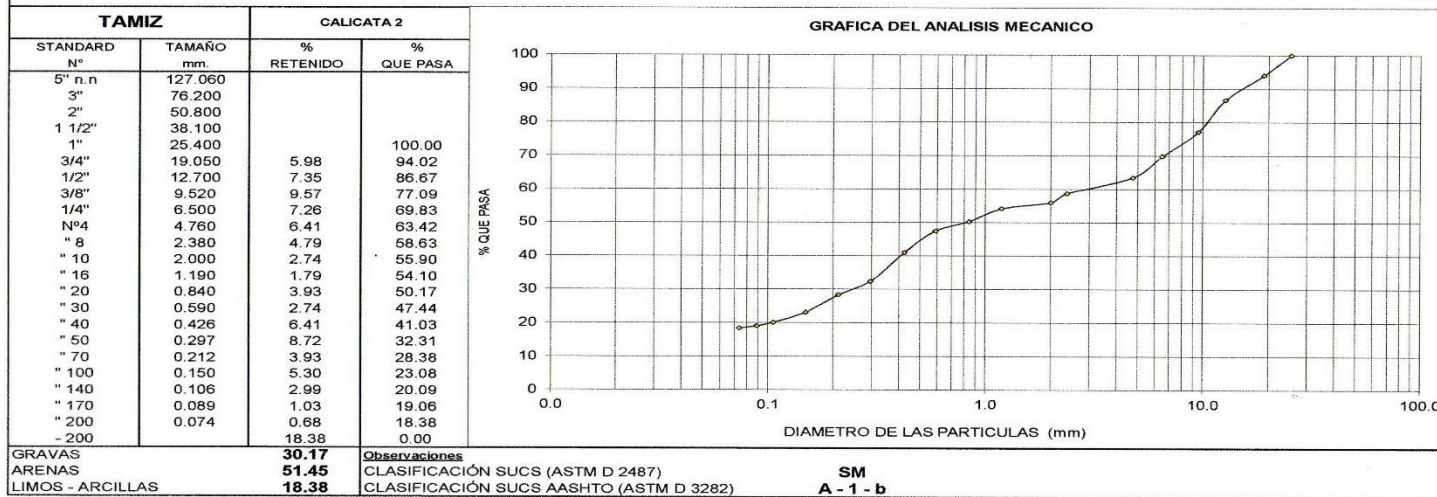


UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 CENTRO DE ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE MECANICA DE SUELOS



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E107-ASTM D422)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATA 2
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos y Mecánica de Suelos
 Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

Fotografía 16. Análisis Granulométrico por Tamizado.



LIMITES DE ATTERBERG

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATA 2
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

1.- LIMITE LIQUIDO		MTC E 110					
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
2.- LIMITE PLASTICO		MTC E 111					
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO %
							0.00

	<p>L.L. = 0.00</p> <p>IP = 0.00</p>
--	---



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 J E F

Fotografía 17. Límites de Atterberg.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 CENTRO DE ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE MECANICA DE SUELOS



RESISTENCIA A DEGRADACION DE AGREGADOS GRUESOS
ENSAYO DE ABRASION E IMPACTO EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES
(MTC E 207)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATA 2
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

MATERIALES DEL ENSAYO :		PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018	
TAMIZ		PESO INICIAL (Gr)	PESO FINAL (Gr)
PASA	RETIENE		
3/4 "	1/2 "	2850.00	2325.30
1/2 "	1/8 "	3054.00	2745.30
3/8 "	1/4 "	2917.20	2357.60
1/4 "	N° 4	2554.00	1895.00
RESULTADOS			
PESO ANTES DEL ENSAYO		11375.20	
PESO DESPUES DEL ENSAYO		9323.20	
PERDIDA		2052.00	
ABRASION		18.04%	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chape
 Dr. Ing. Hipólito Tume Chape
 JEFE

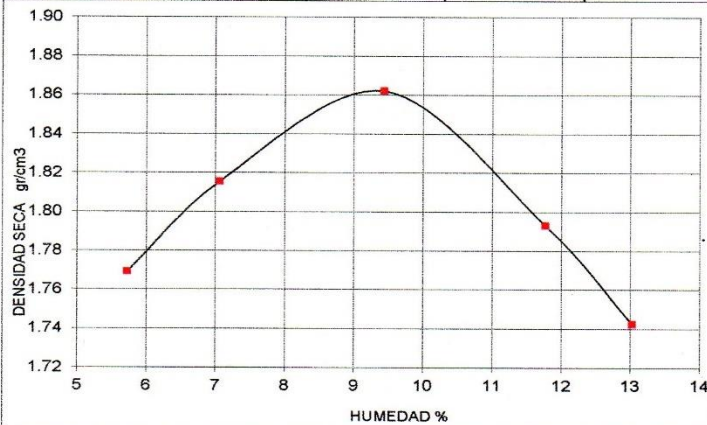
Fotografía 18. Resistencia a degradación de agregados gruesos.



PRUEBA DE COMPACTACION
PROCTOR MODIFICADO (MTC E115 - ASTM D1557)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATA 2
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

DENSIDAD	UNIDADES	1	2	3	4	5
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	7950.0	8098.0	8288.0	8220.0	8150.0
2- Peso Molde	gr.	4166.0	4166.0	4166.0	4166.0	4166.0
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	3784.0	3932.0	4122.0	4054.0	3984.0
4- Volumen Molde	cm ³	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm ³	1.87	1.94	2.04	2.00	1.97
HUMEDAD	UNIDADES	1	2	3	4	5
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	198.60	202.80	205.10	189.60	180.80
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	190.00	192.00	191.30	175.00	164.80
8- Peso Tara	gr.	39.95	39.10	45.05	50.95	42.00
9- Peso Agua (6-7)	gr.	8.60	10.80	13.80	14.60	16.00
10- Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	150.05	152.90	146.25	124.05	122.80
11- Humedad % (9/10)x100	%	5.73	7.06	9.44	11.77	13.03
12- Densidad Seca :	gr/cm ³	1.77	1.82	1.862	1.79	1.74



MUESTRA:	
MOLDE N°	4
N° CAPAS	5
PESO MARTILLO	10 lb
ALTURA DE CAIDA	18 Pulg.
N° GOLPES x CAPA	56
DENSIDAD MAXIMA	1.862 Gr/cm³
HUMEDAD OPTIMA	9.44 %



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

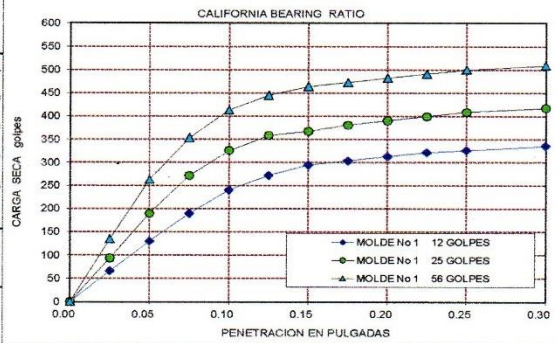
Fotografía 19. Prueba de compactación.



ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO
(MTC E 132 - ASTM D 1883)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATA 2
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

PENETRACION	MOLDE No 1 12 GOLPES			MOLDE No 1 25 GOLPES			MOLDE No 1 56 GOLPES		
	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido
	Lectura	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	C.B.R
	Cuadrante	Kg.	%	Cuadrante	Kg.	%	Cuadrante	Kg.	%
0.000	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.00	
0.025	9.00	66.3		15.00	93.7		24.00	134.86	
0.050	23.00	130.3		36.00	189.7		52.00	262.76	
0.075	36.00	189.7		54.00	271.9		72.00	354.12	
0.100	47.00	239.9	17.63	66.00	326.7	24.01	85.00	413.50	30.39
0.125	54.00	271.9		73.00	358.7		92.00	445.48	
0.150	59.00	294.7		75.00	367.8		96.00	463.75	
0.175	61.00	303.9		78.00	381.5		98.00	472.89	
0.200	63.00	313.0	23.01	80.00	390.7	28.71	100.00	482.02	35.43
0.225	65.00	322.1		82.00	399.8		102.00	491.16	
0.250	66.00	326.7		84.00	408.9		104.00	500.29	
0.300	68.00	335.8		86.00	418.1		106.00	509.43	
Golpes	12		25	56					
Numero de capas	5		5	5					
Humedad (%)		9.44	9.44	9.44					
Peso del molde (gr)		4,075.00	4,326.00	4,125.00					
P. molde + suelo hum. (gr)		8,300.00	8,820.00	8,680.00					
Volumen del molde (cm ³)		2,234.00	2,269.00	2,240.00					
Densidad hum. (gr/cm ³)		1.89	1.98	2.03					
Densidad seca (gr/cm ³)		1.73	1.81	1.86					
C.B.R. a 0.1"		17.63	24.01	30.39					
C.B.R. a 0.2"		23.01	28.71	35.43					
DENSIDAD MAXIMA (PROCTOR)		1.86 Gr/cm ³							
95% DENSIDAD MAXIMA		1.77 Gr/cm ³							



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chan
Dr. Ing. Hipólito Tume Chan
 JEFE

Fotografía 20. Ensayo de California Bearing Ratio.

CALICATA III.

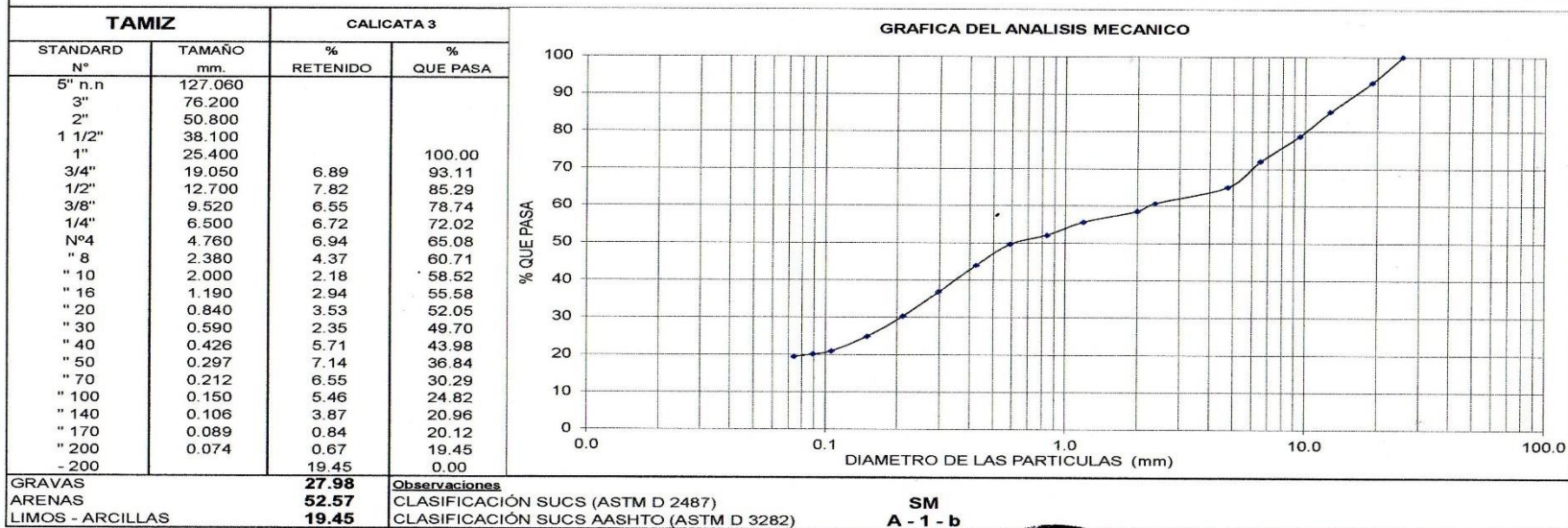


UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 CENTRO DE ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE MECANICA DE SUELOS



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (MTC E107-ASTM D422)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATA 3
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapuz
 Dr. Ing. Hipólito Tume Chapuz
 JEFE

Fotografía 21. Análisis Granulométrico por tamizado.



LIMITES DE ATTERBERG

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATA 3
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

1.- LIMITE LIQUIDO		MTC E 110					
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %

2.- LIMITE PLASTICO		MTC E 111					
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO %
							0.00

NUMERO DE GOLPES

L.L. = 0.00

IP = 0.00



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos y Mecánica de Suelos

Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

Fotografía 22. Límites de Atterberg.



RESISTENCIA A DEGRADACION DE AGREGADOS GRUESOS
ENSAYO DE ABRASION E IMPACTO EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES
 (MTC E 207)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATA 3
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

MATERIALES DEL ENSAYO :		PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018	
TAMIZ		PESO INICIAL (Gr)	PESO FINAL (Gr)
PASA	RETIENE		
3/4 "	1/2 "	3185.00	2600.00
1/2 "	1/8 "	2660.00	2100.00
3/8 "	1/4 "	2350.00	2000.00
1/4 "	Nº 4	2450.00	1890.00
RESULTADOS			
PESO ANTES DEL ENSAYO		10645.00	
PESO DESPUES DEL ENSAYO		8590.00	
PERDIDA		2055.00	
ABRASION		19.30%	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chap
 Dr. Ing. Hipólito Tume Chap
 JEFE

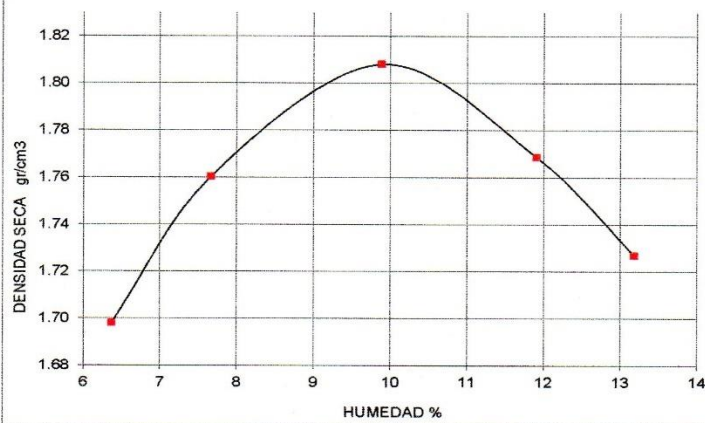
Fotografía 23. Resistencia a degradación de agregados gruesos.



PRUEBA DE COMPACTACION
PROCTOR MODIFICADO (MTC E115 - ASTM D1557)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATA 3
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

DENSIDAD	UNIDADES	1	2	3	4	5
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	7820.0	8000.0	8185.0	8170.0	8120.0
2- Peso Molde	gr.	4166.0	4166.0	4166.0	4166.0	4166.0
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	3654.0	3834.0	4019.0	4004.0	3954.0
4- Volumen Molde	cm ³	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm ³	1.81	1.90	1.99	1.98	1.95
HUMEDAD	UNIDADES	1	2	3	4	5
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	368.0	218.0	289.5	307.5	271.5
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	348.3	205.3	268.0	279.0	244.7
8- Peso Tara	gr.	39.3	39.6	50.5	39.7	41.5
9- Peso Agua (6-7)	gr.	19.7	12.7	21.5	28.5	26.8
10- Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	309.0	165.7	217.5	239.3	203.2
11- Humedad % (9/10)x100	%	6.38	7.66	9.89	11.91	13.19
12- Densidad Seca :	gr/cm ³	1.70	1.76	1.808	1.77	1.73



MUESTRA:	4
MOLDE N°	5
N° CAPAS	5
PESO MARTILLO	10 lb
ALTURA DE CAIDA	18 Pulg.
N° GOLPES x CAPA	56
DENSIDAD MAXIMA	1.808 Gr/cm³
HUMEDAD OPTIMA	9.89 %



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

Fotografía 24. Prueba de Compactación.

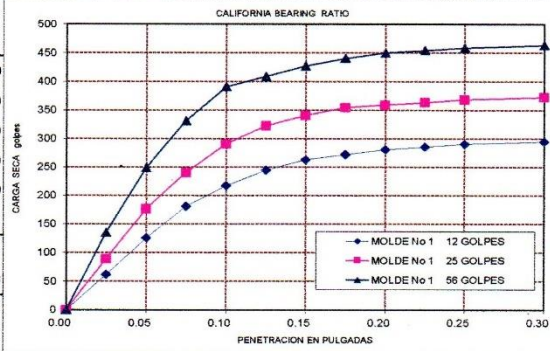


ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO
(MTC E 132 - ASTM D 1883)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATA 3
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

PENETRACION	MOLDE No 1 12 GOLPES			MOLDE No 1 25 GOLPES			MOLDE No 1 56 GOLPES		
	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido
	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %
0.000	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.00	
0.025	8.00	61.8		14.00	89.2		24.00	134.86	
0.050	22.00	125.7		33.00	176.0		49.00	249.06	
0.075	34.00	180.5		47.00	239.9		67.00	331.28	
0.100	42.00	217.1	15.96	58.00	290.2	21.33	80.00	390.66	28.71
0.125	48.00	244.5		65.00	322.1		84.00	408.93	
0.150	52.00	262.8		69.00	340.4		88.00	427.21	
0.175	54.00	271.9		72.00	354.1		91.00	440.91	
0.200	56.00	281.0	20.66	73.00	358.7	26.36	93.00	450.05	33.08
0.225	57.00	285.6		74.00	363.3		94.00	454.61	
0.250	58.00	290.2		75.00	367.8		95.00	459.18	
0.300	59.00	294.7		76.00	372.4		96.00	463.75	

Golpes	12	25	56
Numero de capas	5	5	5
Humedad (%)	9.89	9.89	9.89
Peso del molde (gr)	4,075.00	4,326.00	4,125.00
P. molde + suelo hum. (gr)	8,200.00	8,740.00	8,580.00
Volumen del molde (cm3)	2,234.00	2,269.00	2,240.00
Densidad hum. (gr/cm3)	1.85	1.95	1.99
Densidad seca (gr/cm3)	1.68	1.77	1.81
C.B.R. a 0.1"	15.96	21.33	28.71
C.B.R. a 0.2"	20.66	26.36	33.08
DENSIDAD MAXIMA (PROCTOR)	1.808 Gr/cm ³		
95 % DE LA DENSIDAD MAXIMA	1.72 Gr/cm ³		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

Fotografía 25. Ensayo de California Bearing Ratio.

CALICATA IV.

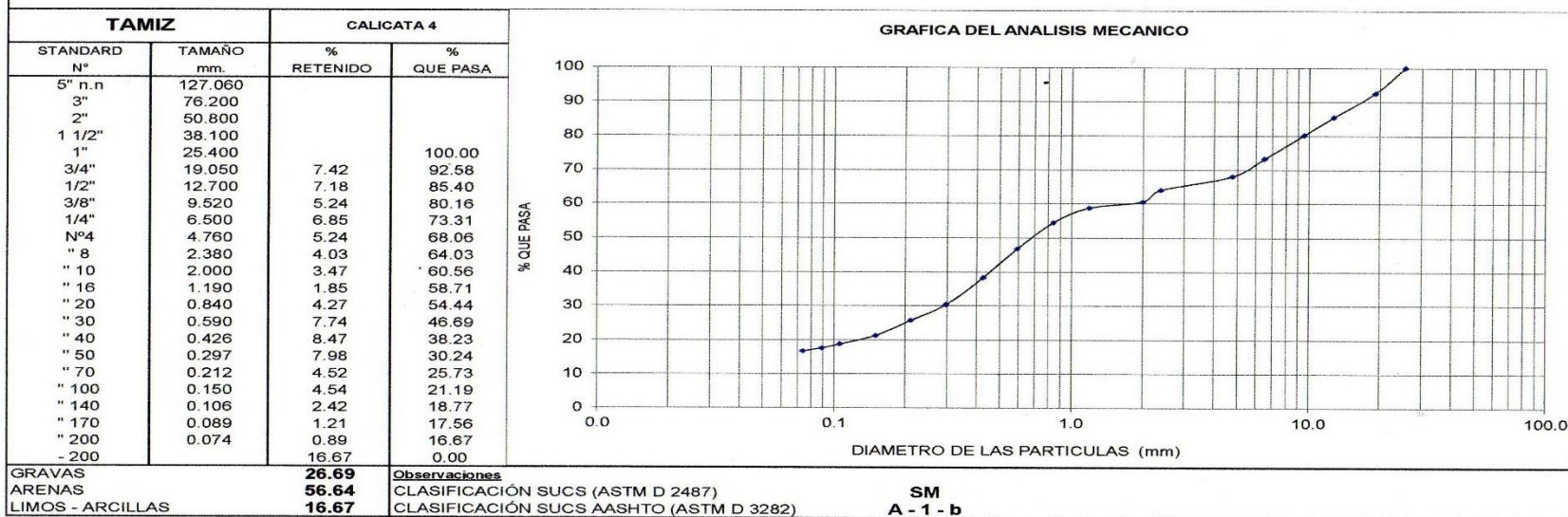


UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
CENTRO DE ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE MECANICA DE SUELOS



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E107-ASTM D422)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATA 4
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapuz
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapuz
JEFE

Fotografía 26. Análisis Granulométrico por Tamizado.



LIMITES DE ATTERBERG

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATA 4
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

1.- LIMITE LIQUIDO		MTC E 110					
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %

2.- LIMITE PLASTICO		MTC E 111					
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO %
							0.00

L.L. = 0.00

IP = 0.00



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos y Mecánica de Suelos
[Signature]
 Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

Fotografía 27. Límites de Atterberg.



**RESISTENCIA A DEGRADACION DE AGREGADOS GRUESOS
 ENSAYO DE ABRASION E IMPACTO EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES
 (MTC E 207)**

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATA 4
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

MATERIALES DEL ENSAYO :		PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018	
TAMIZ		PESO INICIAL (Gr)	PESO FINAL (Gr)
PASA	RETIENE		
3/4 "	1/2 "	3085.00	2600.00
1/2 "	1/8 "	2660.00	2100.00
3/8 "	1/4 "	2450.00	2000.00
1/4 "	N° 4	2300.00	1890.00
RESULTADOS			
PESO ANTES DEL ENSAYO		10495.00	
PESO DESPUES DEL ENSAYO		8590.00	
PERDIDA		1905.00	
ABRASION		18.15%	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapuz
 Dr. Ing. Hipólito Tume Chapuz
 JEFE

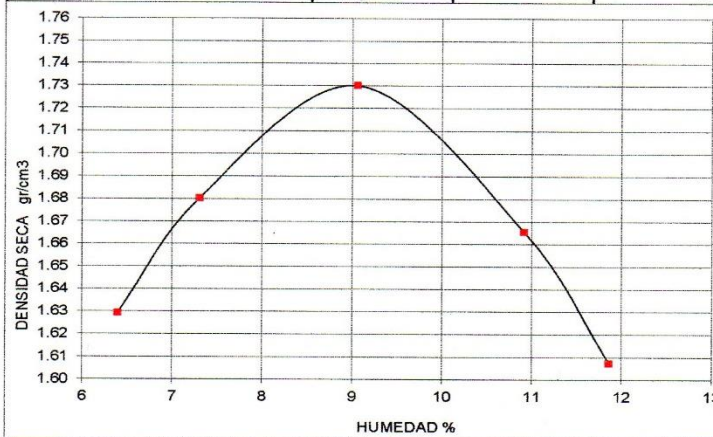
Fotografía 28. Resistencia a degradación de agregados gruesos.



PRUEBA DE COMPACTACION
PROCTOR MODIFICADO (MTC E115 - ASTM D1557)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATA 4
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

DENSIDAD	UNIDADES	1	2	3	4	5
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	7570.0	7710.0	7880.0	7800.00	7700.00
2- Peso Molde	gr.	4063.0	4063.0	4063.0	4063.00	4063.00
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	3507.0	3647.0	3817.0	3737.00	3637.00
4- Volumen Molde	cm ³	2023.0	2023.0	2023.0	2023.00	2023.00
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm ³	1.73	1.80	1.89	1.85	1.80
HUMEDAD	UNIDADES	1	2	3	4	5
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	265.00	223.20	236.80	268.00	227.60
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	251.40	210.75	222.00	245.50	207.50
8- Peso Tara	gr.	38.95	40.25	58.65	39.40	38.00
9- Peso Agua (6-7)	gr.	13.60	12.45	14.80	22.50	20.10
10- Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	212.45	170.50	163.35	206.10	169.50
11- Humedad % (9/10)x100	%	6.40	7.30	9.06	10.92	11.86
12- Densidad Seca :	gr/cm ³	1.63	1.68	1.730	1.67	1.61



MUESTRA:	
MOLDE N°	4
N° CAPAS	5
PESO MARTILLO	10 lb
ALTURA DE CAIDA	18 Pulg.
N° GOLPES x CAPA	56
DENSIDAD MAXIMA	1.730 Gr/cm³
HUMEDAD OPTIMA	9.06 %



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

Fotografía 29. Prueba de Compactación.

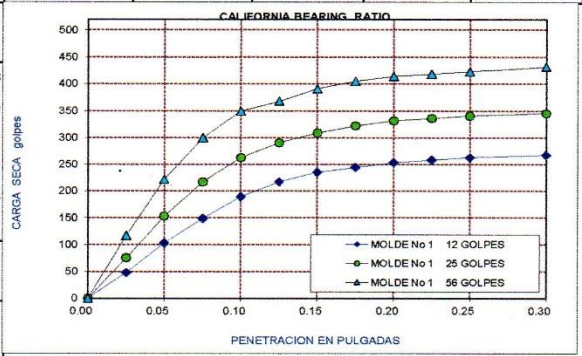


ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO
(MTC E 132 - ASTM D 1883)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATA 4
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

PENETRACION	MOLDE No 1 12 GOLPES			MOLDE No 1 25 GOLPES			MOLDE No 1 56 GOLPES		
	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido
	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R. %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R. %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R. %
0.000	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.00	
0.025	5.00	48.1		11.00	75.5		20.00	116.59	
0.050	17.00	102.9		28.00	153.1		43.00	221.65	
0.075	27.00	148.6		42.00	217.1		60.00	299.30	
0.100	36.00	189.7	13.94	52.00	262.8	19.31	71.00	349.55	25.69
0.125	42.00	217.1		58.00	290.2		75.00	367.82	
0.150	46.00	235.4		62.00	308.4		80.00	390.66	
0.175	48.00	244.5		65.00	322.1		83.00	404.37	
0.200	50.00	253.6	18.64	67.00	331.3	24.35	85.00	413.50	30.39
0.225	51.00	258.2		68.00	335.8		86.00	418.07	
0.250	52.00	262.8		69.00	340.4		87.00	422.64	
0.300	53.00	267.3		70.00	345.0		89.00	431.77	

Golpes	12	25	56
Numero de capas	5	5	5
Humedad (%)	9.06	9.06	9.06
Peso del molde (gr)	4,075.00	4,326.00	4,125.00
P. molde + suelo hum. (gr)	7,950.00	8,510.00	8,340.00
Volumen del molde (cm3)	2,234.00	2,269.00	2,240.00
Densidad hum. (gr/cm3)	1.73	1.84	1.88
Densidad seca (gr/cm3)	1.59	1.69	1.73
C.B.R. a 0.1"	13.94	19.31	25.69
C.B.R. a 0.2"	18.64	24.35	30.39
DENSIDAD MAXIMA (PROCTOR)	1.730	Gr/cm ³	
85 % DE LA DENSIDAD MAXIMA	1.644	Gr/cm ³	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

Fotografía 30. Ensayo de California Bearing Ratio.

CONTENIDO DE HUMEDAD (CALICATA: I, II, III, IV).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 CENTRO DE ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE MECANICA DE SUELOS



HUMEDAD NATURAL (MTC E 108 - ASTM D2216)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MUESTRA	:	CALICATAS 1, 2, 3 Y 4
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

MUESTRA	TARRO N°	PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		VACIO	PESO (Gr.)		HUMEDAD %
		+SUELO HUMEDO	+SUELO SECO		AGUA	SUELO SECO	
CALICATA 1	186	274.94	255.60	28.20	19.34	227.40	8.50
CALICATA 2	19	332.70	319.60	28.80	13.10	290.80	4.50
CALICATA 3	18	283.02	262.90	28.90	20.12	234.00	8.60
CALICATA 4	65	134.73	123.90	40.60	10.83	83.30	13.00



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos

Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

Fotografía 31. Contenido de Humedad por Exploración de terreno.

**ANEXO 04: ADICION DE LA BISCHOFITA (CLORURO DE MAGNESIO)
CALICATA II: MUESTRA IN SITU + BISCHOFITA AL 5%.**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
CENTRO DE ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE MECANICA DE SUELOS



PRUEBA DE COMPACTACION
PROCTOR MODIFICADO (MTC E115 - ASTM D1557)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA (CALICATA 2) + 5% DE BISCHOFITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

DENSIDAD	UNIDADES	1	2	3	4	5
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	8110.0	8340.0	8560.0	8550.0	8380.0
2- Peso Molde	gr.	4270.8	4270.8	4270.8	4270.8	4270.8
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	3839.2	4069.2	4289.2	4279.2	4109.2
4- Volumen Molde	cm ³	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm ³	1.898	2.011	2.120	2.115	2.031
HUMEDAD	UNIDADES	1	2	3	4	5
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	152.00	162.60	134.00	141.00	157.00
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	147.20	155.25	126.15	130.45	142.60
8- Peso Tara	gr.	39.95	40.10	40.75	40.60	40.00
9- Peso Agua (6-7)	gr.	4.80	7.35	7.85	10.55	14.40
10- Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	107.25	115.15	85.40	89.85	102.60
11- Humedad % (9/10)x100	%	4.48	6.38	9.19	11.74	14.04
12- Densidad Seca :	gr/cm ³	1.82	1.89	1.94	1.89	1.78



MOLDE N°	4
PESO DEL MARTILLO	10 Lb
N° DE CAPAS	5
ALTURA DE CAIDA	18"
N° DE GOLPEN POR CAPAS	56
DENSIDAD MAXIMA	1.94 Gr/cm³
HUMEDAD OPTIMA	9.19 %



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chaps
Dr. Ing. Hipólito Tume Chaps
J E F E

Fotografía 32. Prueba de Compactación (Muestra In Situ +5% de Bischofita)



ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO
 (MTC E 132 - ASTM D 1883)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA (CALICATA 2) + 5% DE BISCHOFITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

PENETRACION	MOLDE No 1 12 GOLPES			MOLDE No 1 25 GOLPES			MOLDE No 1 56 GOLPES			
	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido	
	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	
0.000	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		
0.025	13.00	84.61		20.00	116.59		33.00	175.97		
0.050	34.00	180.54		48.00	244.49		68.00	335.85		
0.075	52.00	262.76		70.00	344.98		92.00	445.48		
0.100	65.00	322.14	23.68	85.00	413.50	30.39	105.00	504.86	37.11	
0.125	72.00	354.12		92.00	445.48		116.00	555.11		
0.150	77.00	376.96		97.00	468.32		124.00	591.65		
0.175	79.00	386.09		101.00	486.59		128.00	609.92		
0.200	80.00	390.66	28.71	103.00	495.73	36.44	130.00	619.06	45.50	
0.225	81.00	395.23		104.00	500.29		132.00	628.20		
0.250	82.00	399.80		105.00	504.86		133.00	632.76		
0.300	83.00	404.37		106.00	509.43		135.00	641.90		
Golpes		12	25	56	<div style="text-align: center;"> CALIFORNIA BEARING RATIO </div>					
Numero de capas		5	5	5						
Humedad (%)		9.19	9.19	9.19						
Peso del molde (gr)		4,075.00	4,326.00	4,125.00						
P. molde + suelo hum. (gr)		8,460.00	9,000.00	8,880.00						
Volumen del molde (cm3)		2,234.00	2,269.00	2,240.00						
Densidad hum. (gr/cm3)		1.96	2.06	2.12						
Densidad seca (gr/cm3)		1.80	1.89	1.94						
C.B.R. a 0.1"		23.68	30.39	37.11						
C.B.R. a 0.2"		28.71	36.44	45.50						
DENSIDAD MAXIMA (PROCTOR)		1.940 Gr/cm ³								
95% DENSIDAD MAXIMA		1.843 Gr/cm ³								



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chabaz
Dr. Ing. Hipólito Tume Chabaz
 JEFE

Fotografía 33. Ensayo de California Bearing Ratio (Muestra In Situ +5% de Bischofita)

CALICATA II: MUESTRA IN SITU + BISCHOFITA AL 10%.



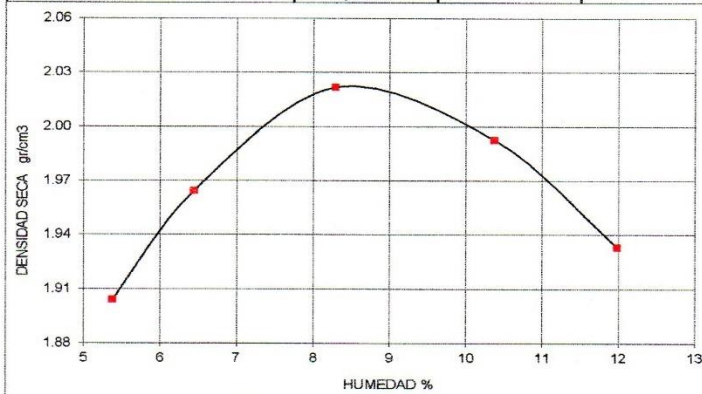
UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 CENTRO DE ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE MECANICA DE SUELOS



PRUEBA DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (MTC E115 - ASTM D1557)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA (CALICATA 2) + 10% DE BISCHOFITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

DENSIDAD	UNIDADES	1	2	3	4	5
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	8330.0	8500.0	8700.0	8720.0	8650.0
2- Peso Molde	gr.	4270.8	4270.8	4270.8	4270.8	4270.8
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	4059.2	4229.2	4429.2	4449.2	4379.2
4- Volumen Molde	cm ³	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm ³	2.007	2.091	2.189	2.199	2.165
HUMEDAD	UNIDADES	1	2	3	4	5
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	232.00	239.20	223.00	238.20	267.00
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	222.20	227.20	209.05	219.60	242.60
8- Peso Tara	gr.	40.05	40.85	40.80	40.40	39.00
9- Peso Agua (6-7)	gr.	9.80	12.00	13.95	18.60	24.40
10- Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	182.15	186.35	168.25	179.20	203.60
11- Humedad % (9/10)x100	%	5.38	6.44	8.29	10.38	11.98
12- Densidad Seca :	gr/cm ³	1.90	1.96	2.02	1.99	1.93



MOLDE N°	4
PESO DEL MARTILLO	10 Lb
N° DE CAPAS	5
ALTURA DE CAIDA	18"
N° DE GOLPEN POR CAPAS	56
DENSIDAD MAXIMA	2.02 Gr/cm³
HUMEDAD OPTIMA	8.29 %



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

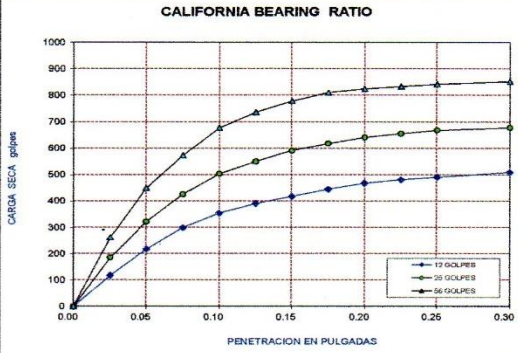
Fotografía 34. Prueba de Compactación (Muestra In Situ +10% de Bischofita)



ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO
 (MTC E 132 - ASTM D 1883)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA (CALICATA 2) + 10% DE BISCHOFITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

PENETRACION	MOLDE No 1 12 GOLPES			MOLDE No 1 25 GOLPES			MOLDE No 1 56 GOLPES		
	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido
	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R. %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R. %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R. %
0.000	0.00	0.0		0.00	0		0.00	0.00	
0.025	20.00	116.6		35.00	185		52.00	262.76	
0.050	42.00	217.1		65.00	322		93.00	450.05	
0.075	60.00	299.3		88.00	427		120.00	573.38	
0.100	72.00	354.1	26.03	105.00	505	37.11	143.00	678.44	49.87
0.125	80.00	390.7		115.00	551		156.00	737.83	
0.150	86.00	418.1		124.00	592		165.00	778.94	
0.175	92.00	445.5		130.00	619		172.00	810.91	
0.200	97.00	468.3	34.42	135.00	642	47.18	175.00	824.62	60.61
0.225	100.00	482.0		138.00	656		177.00	833.75	
0.250	102.00	491.2		141.00	669		179.00	842.89	
0.300	106.00	509.4		143.00	678		181.00	852.03	
Golpes		12	25		56				
Numero de capas		5	5		5				
Humedad (%)		8.29	8.29		8.29				
Peso del molde (gr)		4,075.00	4,326.00		4,125.00				
P. molde + suelo hum. (gr)		8,560.00	9,110.00		9,030.00				
Volumen del molde (cm ³)		2,234.00	2,269.00		2,240.00				
Densidad hum. (gr/cm ³)		2.01	2.11		2.19				
Densidad seca (gr/cm ³)		1.85	1.95		2.02				
C.B.R. a 0.1"		26.03	37.11		49.87				
C.B.R. a 0.2"		34.42	47.18		60.61				
DENSIDAD MAXIMA (PROCTOR)		2.020	Gr/cm³						
95 % DE LA DENSIDAD MAXIMA		1.919	Gr/cm³						



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos y Mecánica de Suelos
 Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

Fotografía 35. Ensayo de California Bearing Ratio (Muestra In Situ +10% de Bischofita)

CALICATA II: MUESTRA IN SITU + BISCHOFITA AL 15%.



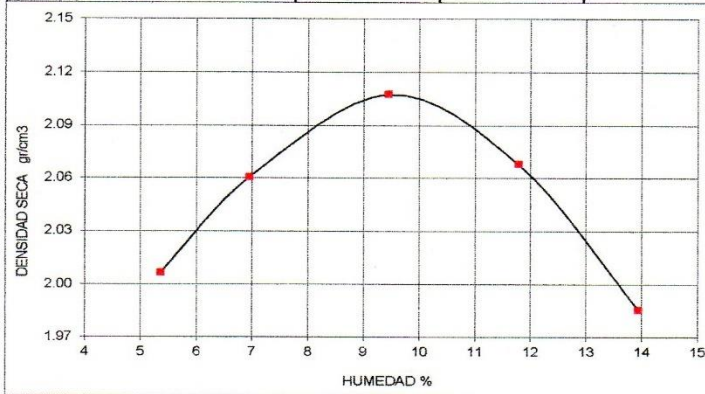
UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 CENTRO DE ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE MECANICA DE SUELOS



PRUEBA DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (MTC E115 - ASTM D1557)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA (CALICATA 2) + 15% DE BISCHOFITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

DENSIDAD	UNIDADES	1	2	3	4	5
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	8540.0	8722.0	8930.0	8940.0	8840.0
2- Peso Molde	gr.	4263.6	4263.6	4263.6	4263.6	4263.6
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	4276.4	4458.4	4666.4	4676.4	4576.4
4- Volumen Molde	cm ³	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm ³	2.114	2.204	2.307	2.312	2.262
HUMEDAD	UNIDADES	1	2	3	4	5
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	182.00	235.70	212.30	205.00	230.00
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	174.80	223.00	197.50	187.65	206.50
8- Peso Tara	gr.	40.45	40.40	40.95	40.45	38.00
9- Peso Agua (6-7)	gr.	7.20	12.70	14.80	17.35	23.50
10- Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	134.35	182.60	156.55	147.20	168.50
11- Humedad % (9/10)x100	%	5.36	6.96	9.45	11.79	13.95
12- Densidad Seca :	gr/cm ³	2.01	2.06	2.11	2.07	1.99



MOLDE N°	4
PESO DEL MARTILLO	10 Lb
N° DE CAPAS	5
ALTURA DE CAIDA	18"
N° DE GOLPEN POR CAPAS	56
DENSIDAD MAXIMA	2.11 Gr/cm³
HUMEDAD OPTIMA	9.45 %



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos

Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

Fotografía 36. Prueba de Compactación (Muestra In Situ + 15% de Bischofita)

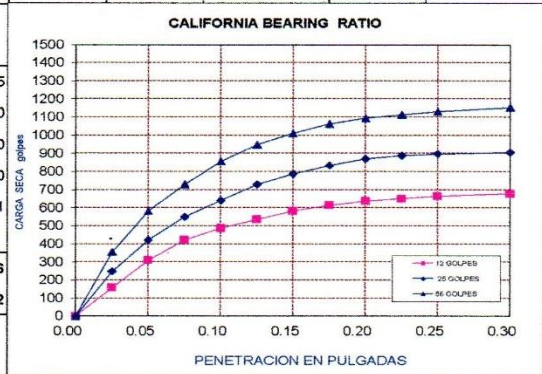


ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO
 (MTC E 132 - ASTM D 1883)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA (CALICATA 2) + 15% DE BISCHOFITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

PENETRACION	MOLDE No 12 GOLPES			MOLDE No 25 GOLPES			MOLDE No 56 GOLPES		
	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido
	Lectura	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	C.B.R	Lectura	Carga	C.B.R
	Cuadrante	Kg.	%	Cuadrante	Kg.	%	Cuadrante	Kg.	%
0.000	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.00	
0.025	29.00	157.7		49.00	249.1		72.00	354.12	
0.050	62.00	308.4		87.00	422.6		122.00	582.52	
0.075	87.00	422.6		115.00	550.5		154.00	728.69	
0.100	101.00	486.6	35.76	135.00	641.9	47.18	182.00	856.59	62.96
0.125	112.00	536.8		154.00	728.7		202.00	947.95	
0.150	122.00	582.5		167.00	788.1		216.00	1011.90	
0.175	129.00	614.5		177.00	833.8		227.00	1062.15	
0.200	134.00	637.3	46.84	185.00	870.3	63.97	234.00	1094.13	80.42
0.225	137.00	651.0		189.00	888.6		238.00	1112.40	
0.250	140.00	664.7		191.00	897.7		242.00	1130.67	
0.300	143.00	678.4		193.00	906.8		247.00	1153.51	

Golpes	12	25	56
Numero de capas	5	5	5
Humedad (%)	9.45	9.45	9.45
Peso del molde (gr)	4,075.00	4,226.00	4,125.00
P. molde + suelo hum. (gr)	8,880.00	9,350.00	9,300.00
Volumen del molde (cm ³)	2,234.00	2,269.00	2,240.00
Densidad hum. (gr/cm ³)	2.15	2.26	2.31
Densidad seca (gr/cm ³)	1.97	2.06	2.11
C.B.R. a 0.1"	35.76	47.18	62.96
C.B.R. a 0.2"	46.84	63.97	80.42
DENSIDAD MAXIMA (PROCTOR)	2.110 Gr/cm³		
95% DENSIDAD MAXIMA	2.006 Gr/cm³		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos
 Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 J E F E

Fotografía 37. Ensayo de California Bearing Ratio (Muestra In Situ + 15% de Bischofita)

CALICATA II: MUESTRA IN SITU + BISCHOFITA AL 20%.



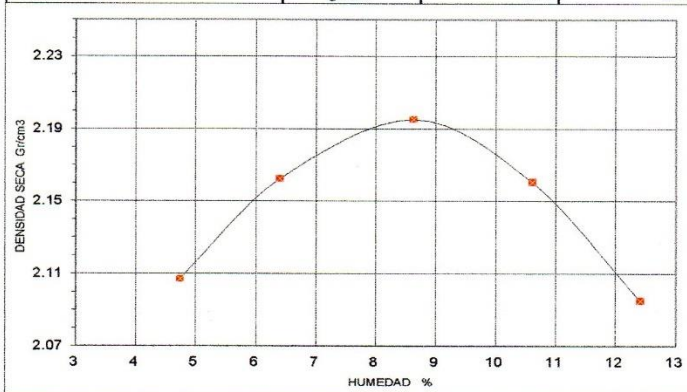
UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 CENTRO DE ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE MECANICA DE SUELOS



PRUEBA DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (MTC E115 - ASTM D1557)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA (CALICATA 2) + 20% DE BISCHOFITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

DENSIDAD	UNIDADES	1	2	3	4	5
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	8630.00	8820.00	8990.00	9000.00	8930.00
2- Peso Molde	gr.	4166.00	4166.00	4166.00	4166.00	4166.00
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	4464.00	4654.00	4824.00	4834.00	4764.00
4- Volumen Molde	cm ³	2023.00	2023.00	2023.00	2023.00	2023.00
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)		2.21	2.30	2.38	2.39	2.35
HUMEDAD	UNIDADES	1	2	3	4	5
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	194.00	198.00	206.00	177.00	215.00
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	187.00	188.60	192.90	163.70	195.65
8- Peso Tara	gr.	39.15	41.65	41.10	38.40	39.80
9- Peso Agua (6-7)	gr.	7.00	9.40	13.10	13.30	19.35
10- Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	147.85	146.95	151.80	125.30	155.85
11- Humedad % (9/10)x100	%	4.73	6.40	8.63	10.61	12.42
12- Densidad Seca :	gr/cm ³	2.11	2.16	2.20	2.16	2.09



MOLDE N°	4
PESO DEL MARTILLO	10 Lb
N° DE CAPAS	5
ALTURA DE CAIDA	18"
N° DE GOLPEN POR CAPAS	56
DENSIDAD MAXIMA	2.20 Gr/cm ³
HUMEDAD OPTIMA	8.63 %



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

Fotografía 38. Prueba de Compactación (Muestra In Situ +20% de Bischofita)

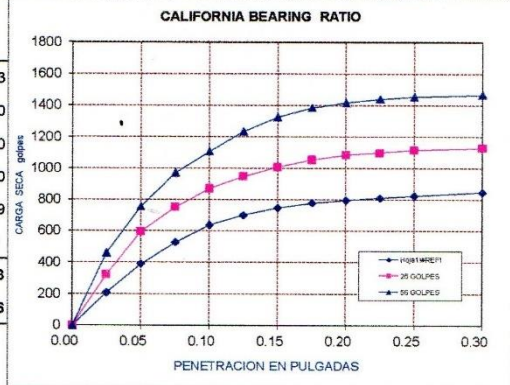


ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO
 (MTC E 132 - ASTM D 1883)

TESISTA	:	ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	CANTERA SANTA RITA (CALICATA 2) + 20% DE BISCHOFITA
FECHA	:	PIURA, 13 DE SETIEMBRE DEL 2018

PENETRACION	MOLDE No 12 GOLPES			MOLDE No 25 GOLPES			MOLDE No 56 GOLPES		
	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido
	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %
0.000	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.025	40.00	207.94		65.00	322.14		95.00	459.18	
0.050	80.00	390.66		125.00	596.22		160.00	756.10	
0.075	110.00	527.70		159.00	751.53		207.00	970.79	
0.100	134.00	637.33	46.84	185.00	870.30	63.97	237.00	1107.83	81.43
0.125	148.00	701.28		202.00	947.95		265.00	1235.73	
0.150	158.00	746.96		215.00	1007.34		285.00	1327.09	
0.175	165.00	778.94		225.00	1053.01		298.00	1386.48	
0.200	168.68	795.75	58.49	232.00	1084.99	79.75	305.00	1418.45	104.26
0.225	172.00	810.91		235.00	1098.69		310.00	1441.29	
0.250	175.00	824.62		239.00	1116.97		313.00	1454.99	
0.300	180.00	847.46		242.00	1130.67		316.00	1468.70	

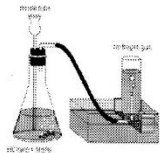
Golpes	12	25	56
Numero de capas	5	5	5
Humedad (%)	8.63	8.63	8.63
Peso del molde (gr)	4,075.00	4,326.00	4,125.00
P. molde + suelo hum. (gr)	9,020.00	9,550.00	9,470.00
Volumen del molde (cm ³)	2,234.00	2,269.00	2,240.00
Densidad hum. (gr/cm ³)	2.21	2.30	2.39
Densidad seca (gr/cm ³)	2.04	2.12	2.20
C.B.R. a 0.1"	46.84	63.97	81.43
C.B.R. a 0.2"	58.49	79.75	104.26
DENSIDAD MAXIMA (PROCTOR)	2.200 Gr/cm³		
95% DENSIDAD MAXIMA	2.090 Gr/cm³		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 J E E

Fotografía 39. Ensayo de California Bearing Ratio (Muestra In Situ +20% de Bischofita)

ENSAYOS QUIMICOS DE LA BISCHOFITA



Universidad Nacional de Piura
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA



INFORME DE ANALISIS N°460- CP-D.A.I.Q.-UNP

MUESTRA : CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO
PROCEDENCIA : PIURA
TESIS - TITULO : COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA - DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA.
SOLICITANTE : BR. ERICK MAY CHAVEZ BULNES
ASESOR : MS DIOMEDES MARCOS MARTIN OYOLA ZAPATA.
FECHA RECEP ; PIURA, 03 DICIEMBRE DE 2018

RESULTADOS

DETERMINACION	
CLORURO DE MAGNESIO (Mg Cl ₂ %)	97.30
SULFATOS (SO ₄ ⁼ %)	0.00
CALCIO (Ca ⁺⁺ %)	0.00
CARBONATOS (Ca CO ₃ %)	0.00

PIURA, 06 DICIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

Ing. Hernán Bedios Fernández
PRESIDENTE
DIRECTORIO CENTRO PRODUCTIVO
DE BIENES Y SERVICIOS D.A.I.Q.



Fotografía 40. Ensayos Químicos de la Bischofita.

ENSAYOS DE LABORATORIO DE CLORURO DE SODIO AL 5%

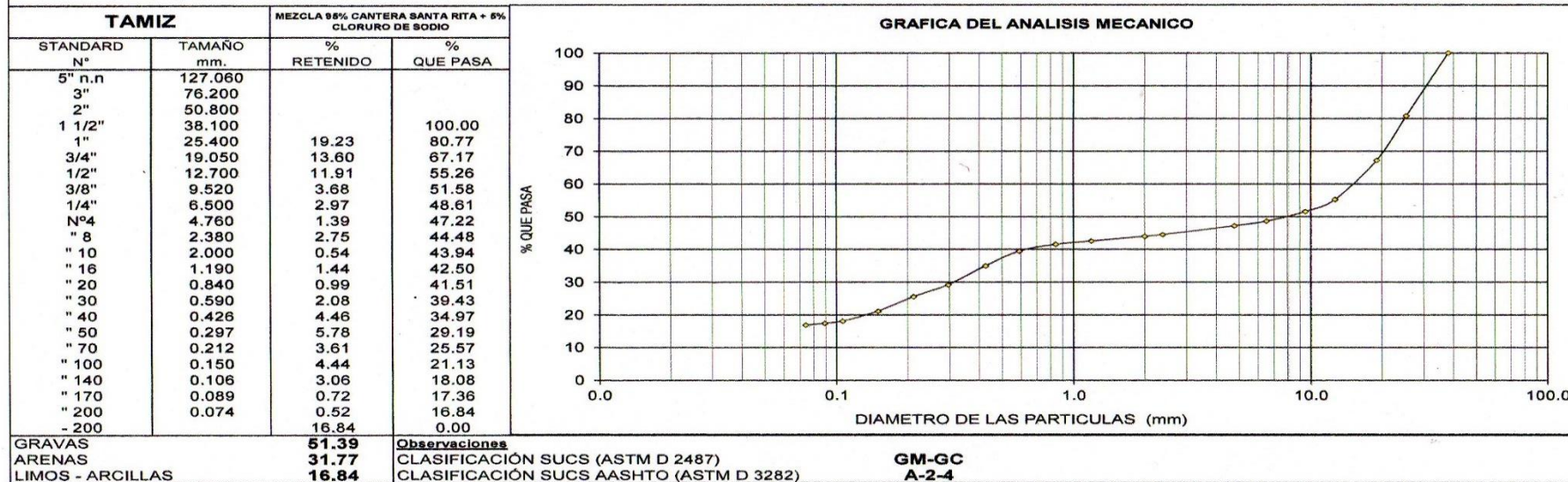


UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
CENTRO DE ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE MECANICA DE SUELOS



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E107-ASTM D422)

TESISTA	:	BR. ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	MEZCLA 95% CANTERA SANTA RITA + 5% CLORURO DE SODIO
FECHA	:	PIURA, DICIEMBRE DEL 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
JEFE

Fotografía 41. Análisis Granulométrico por Tamizado + Cloruro de Sodio al 5%.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS**

CENTRO DE ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE MECANICA DE SUELOS

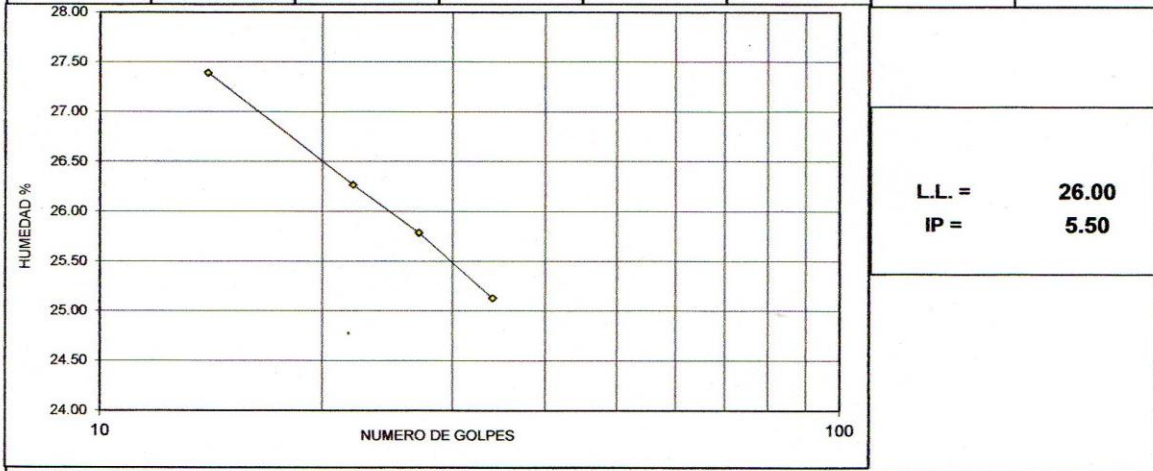


LIMITES DE ATTERBERG

TESISTA	:	BR. ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	MEZCLA 95% CANTERA SANTA RITA + 5% CLORURO DE SODIO
FECHA	:	PIURA, DICIEMBRE DEL 2018

1.- LIMITE LIQUIDO		MTC E 110					
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
14	3B	32.40	28.10	4.30	12.40	15.70	27.39
22	3A	30.65	26.50	4.15	10.70	15.80	26.27
27	2B	30.70	26.60	4.10	10.70	15.90	25.79
34	1B	30.72	26.70	4.02	10.70	16.00	25.13

2.- LIMITE PLASTICO		ASTM D424-59					
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO %
210	25.70	23.60	2.10	13.60	10.00	21.00	
295	25.60	23.60	2.00	13.60	10.00	20.00	20.50



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapá
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapá
JEFE

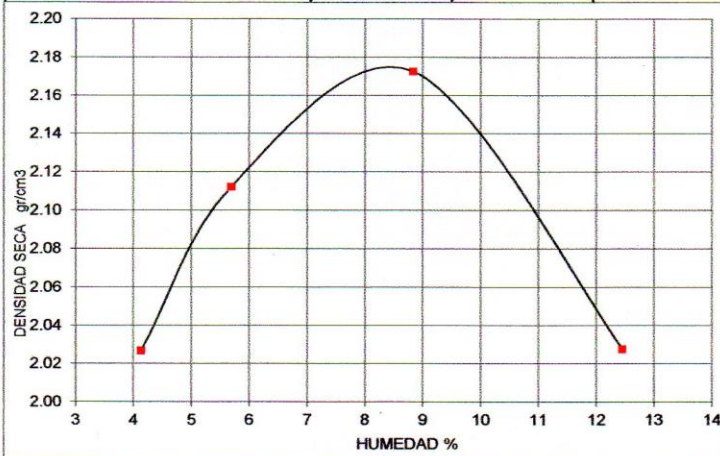
Fotografía 42. Límites de Atterberg + Cloruro de Sodio al 5%.



PRUEBA DE COMPACTACION
PROCTOR MODIFICADO (MTC E115 - ASTM D1557)

TESISTA	:	BR. ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	MEZCLA 95% CANTERA SANTA RITA + 5% CLORURO DE SODIO
FECHA	:	PIURA, DICIEMBRE DEL 2018

DENSIDAD	UNIDADES	1	2	3	4
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	7128.0	7388.0	7670.0	7490.00
2- Peso Molde	gr.	2627.0	2627.0	2627.0	2627.0
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	4501.0	4761.0	5043.0	4863.0
4- Volumen Molde	cm ³	2132.7	2132.7	2132.7	2132.7
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm ³	2.11	2.23	2.36	2.28
HUMEDAD	UNIDADES	1	2	3	4
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	117.50	151.60	149.50	193.45
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	114.00	145.00	139.80	175.25
8- Peso Tara	gr.	29.35	29.00	30.10	29.15
9- Peso Agua (6-7)	gr.	3.50	6.60	9.70	18.20
10- Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	84.65	116.00	109.70	146.10
11- Humedad % (9/10)x100	%	4.13	5.69	8.84	12.46
12- Densidad Seca :	gr/cm ³	2.03	2.11	2.172	2.03



MUESTRA:	
MOLDE N°	4
N° CAPAS	5
PESO MARTILLO	10 lb
ALTURA DE CAIDA	18 Pulg.
N° GOLPES x CAPA	56
DENSIDAD MAXIMA	2.172 Gr/cm³
HUMEDAD OPTIMA	8.50 %



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
 Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

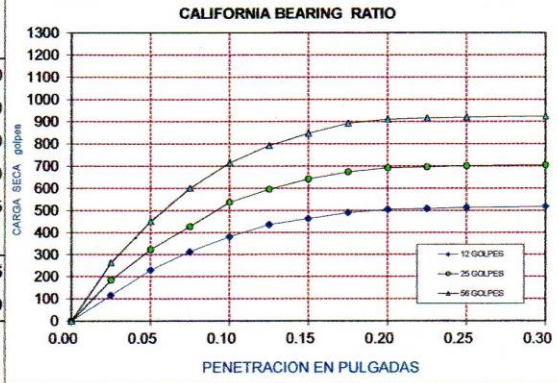
Fotografía 43. Prueba de compactación + Cloruro de Sodio al 5%.



ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO

TESISTA	:	BR. ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	MEZCLA 95% CANTERA SANTA RITA + 5% CLORURO DE SODIO
FECHA	:	PIURA, DICIEMBRE DEL 2018

PENETRACION	MOLDE No 1 12 GOLPES			MOLDE No 1 25 GOLPES			MOLDE No 1 56 GOLPES		
	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido
	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %
0.000	0.00	0.0		0.00	0		0.00	0.00	
0.025	20.00	116.6		35.00	185		52.00	262.76	
0.050	45.00	230.8		65.00	322		93.00	450.05	
0.075	63.00	313.0		88.00	427		126.00	600.79	
0.100	78.00	381.5	28.04	112.00	537	39.46	151.00	714.99	52.55
0.125	90.00	436.3		125.00	596		168.00	792.64	
0.150	96.00	463.7		135.00	642		180.00	847.46	
0.175	102.00	491.2		142.00	674		190.00	893.14	
0.200	105.00	504.9	37.11	146.00	692	50.87	194.00	911.41	66.99
0.225	106.00	509.4		147.00	697		195.00	915.98	
0.250	107.00	514.0		148.00	701		196.00	920.54	
0.300	108.00	518.6		149.00	706		197.00	925.11	
Golpes		12	25	56					
Numero de capas		5	5	5					
Humedad (%)		8.50	8.50	8.50					
Peso del molde (gr)		4,075.00	4,326.00	4,125.00					
P. molde + suelo hum. (gr)		8,940.00	9,530.00	9,400.00					
Volumen del molde (cm3)		2,234.00	2,269.00	2,240.00					
Densidad hum. (gr/cm3)		2.18	2.29	2.35					
Densidad seca (gr/cm3)		2.01	2.11	2.17					
C.B.R. a 0.1"		28.04	39.46	52.55					
C.B.R. a 0.2"		37.11	50.87	66.99					
DENSIDAD MAXIMA (PROCTOR)		2.172	Gr/cm ³						
95% DENSIDAD MAXIMA		2.063	Gr/cm ³						



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos

Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

Fotografía 44. Ensayo de California Bearing Ratio + Cloruro de Sodio al 5%.

ENSAYOS DE LABORATORIO DE CLORURO DE SODIO AL 10%



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
CENTRO DE ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE MECANICA DE SUELOS



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E107-ASTM D422)

TESISTA	:	BR. ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	MEZCLA 90% CANTERA SANTA RITA + 10% CLORURO DE SODIO
FECHA	:	PIURA, DICIEMBRE DEL 2018

TAMIZ		MEZCLA 90% CANTERA SANTA RITA + 10% CLORURO DE SODIO	
STANDARD N°	TAMAÑO mm.	% RETENIDO	% QUE PASA
5" n.n	127.060		100.00
3"	76.200		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400	14.04	85.96
3/4"	19.050	13.18	72.79
1/2"	12.700	12.78	60.01
3/8"	9.520	4.24	55.77
1/4"	6.500	3.63	52.14
Nº4	4.760	1.24	50.90
" 8	2.380	2.65	48.25
" 10	2.000	0.67	47.58
" 16	1.190	1.36	46.22
" 20	0.840	0.91	45.31
" 30	0.590	1.91	43.40
" 40	0.426	4.34	39.06
" 50	0.297	6.21	32.85
" 70	0.212	3.51	29.35
" 100	0.150	4.28	25.06
" 140	0.106	2.92	22.14
" 170	0.089	0.89	21.25
" 200	0.074	0.60	20.65
- 200		20.65	0.00

GRAVAS	47.86	Observaciones
ARENAS	31.49	CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D 2487)
LIMOS - ARCILLAS	20.65	CLASIFICACIÓN SUCS AASHTO (ASTM D 3282)

GM-GC
A-2-4



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
JEFE

Fotografía 45. Análisis Granulométrico por Tamizado + Cloruro de Sodio al 10%.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS**

CENTRO DE ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE MECANICA DE SUELOS

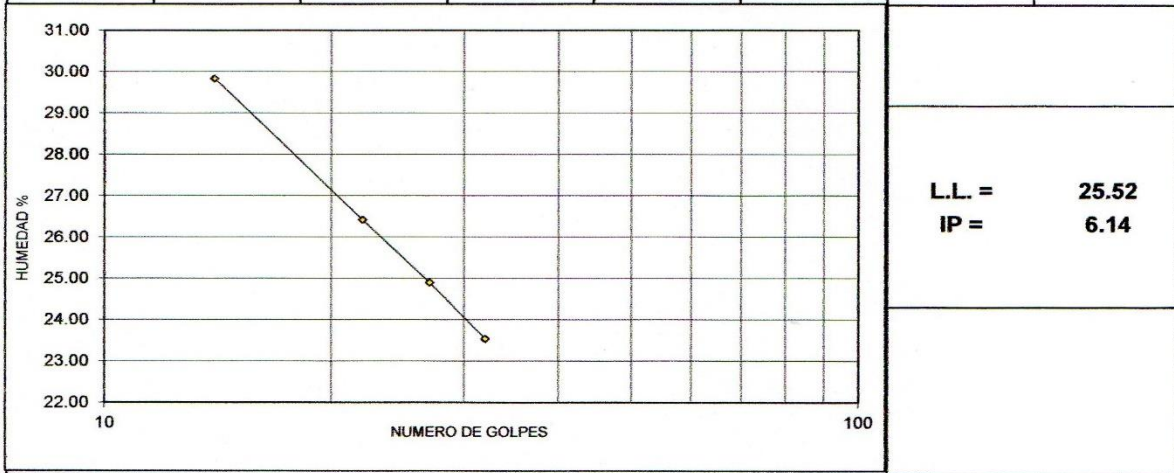


LIMITES DE ATTERBERG

TESISTA	:	BR. ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	MEZCLA 90% CANTERA SANTA RITA + 10% CLORURO DE SODIO
FECHA	:	PIURA, DICIEMBRE DEL 2018

1.- LIMITE LIQUIDO		MTC E 110					
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
14	1A	37.37	32.30	5.07	15.30	17.00	29.82
22	5A	35.30	31.10	4.20	15.20	15.90	26.42
27	4A	33.46	29.80	3.66	15.10	14.70	24.90
32	2B	31.53	28.40	3.13	15.10	13.30	23.53

2.- LIMITE PLASTICO		ASTM D424-59					
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO %
1B	27.80	25.80	2.00	15.30	10.50	19.05	19.38
3A	27.77	25.70	2.07	15.20	10.50	19.71	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapp
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapp
JEFE

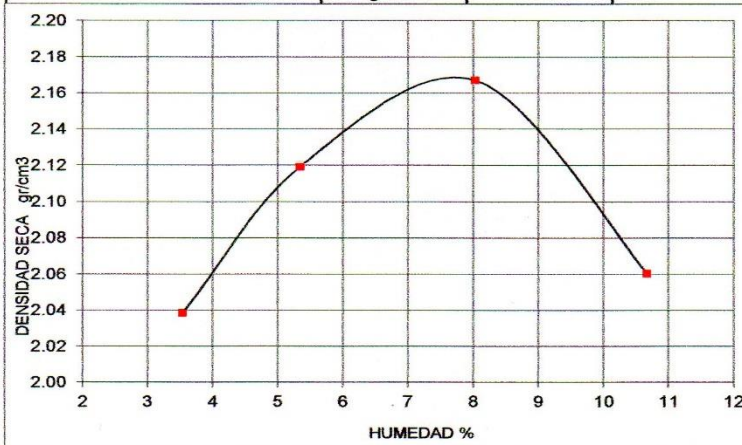
Fotografía 46. Límites de Atterberg + Cloruro de Sodio al 10%.



PRUEBA DE COMPACTACION
PROCTOR MODIFICADO (MTC E115 - ASTM D1557)

TESISTA	:	BR. ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	MEZCLA 90% CANTERA SANTA RITA + 10% CLORURO DE SODIO
FECHA	:	PIURA, DICIEMBRE DEL 2018

DENSIDAD	UNIDADES	1	2	3	4
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	7128.0	7388.0	7620.0	7490.00
2- Peso Molde	gr.	2627.0	2627.0	2627.0	2627.0
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	4501.0	4761.0	4993.0	4863.0
4- Volumen Molde	cm ³	2132.7	2132.7	2132.7	2132.7
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm ³	2.11	2.23	2.34	2.28
HUMEDAD	UNIDADES	1	2	3	4
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	140.00	130.00	140.14	112.00
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	136.20	124.80	131.80	104.00
8- Peso Tara	gr.	28.80	27.50	28.00	29.00
9- Peso Agua (6-7)	gr.	3.80	5.20	8.34	8.00
10- Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	107.40	97.30	103.80	75.00
11- Humedad % (9/10)x100	%	3.54	5.34	8.03	10.67
12- Densidad Seca :	gr/cm ³	2.04	2.12	2.167	2.06



MUESTRA:	
MOLDE N°	4
N° CAPAS	5
PESO MARTILLO	10 lb
ALTURA DE CAIDA	18 Pulg.
N° GOLPES x CAPA	56
DENSIDAD MAXIMA	2.167 Gr/cm³
HUMEDAD OPTIMA	8.03 %



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
 Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

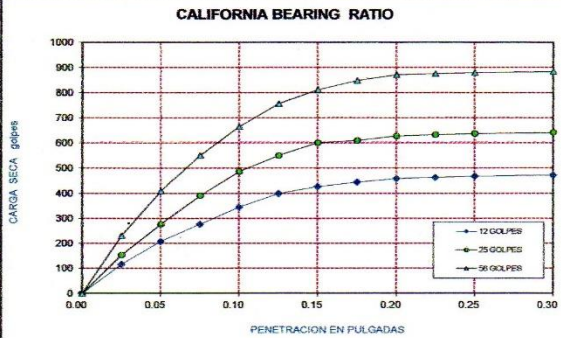
Fotografía 47. Prueba de compactación + Cloruro de Sodio al 10%.



ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO

TESISTA	:	BR. ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	MEZCLA 90% CANTERA SANTA RITA + 10% CLORURO DE SODIO
FECHA	:	PIURA, DICIEMBRE DEL 2018

PENETRACION	MOLDE No 1 12 GOLPES			MOLDE No 1 25 GOLPES			MOLDE No 1 56 GOLPES		
	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido
	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %
0.000	0.00	0.0		0.00	0		0.00	0.00	
0.025	20.00	116.6		28.00	153		45.00	230.78	
0.050	40.00	207.9		55.00	276		84.00	408.93	
0.075	55.00	276.5		80.00	391		115.00	550.54	
0.100	70.00	345.0	25.36	101.00	487	35.76	140.00	664.74	48.86
0.125	82.00	399.8		115.00	551		160.00	756.10	
0.150	88.00	427.2		126.00	601		172.00	810.91	
0.175	92.00	445.5		128.00	610		180.00	847.46	
0.200	95.00	459.2	33.75	132.00	628	46.17	185.00	870.30	63.97
0.225	96.00	463.7		133.00	633		186.00	874.86	
0.250	97.00	468.3		134.00	637		187.00	879.43	
0.300	98.00	472.9		135.00	642		188.00	884.00	
Golpes		12	25	56					
Numero de capas		5	5	5					
Humedad (%)		8.03	8.03	8.03					
Peso del molde (gr)		4,075.00	4,326.00	4,125.00					
P. molde + suelo hum. (gr)		8,900.00	9,460.00	9,340.00					
Volumen del molde (cm3)		2,234.00	2,269.00	2,240.00					
Densidad hum. (gr/cm3)		2.16	2.26	2.33					
Densidad seca (gr/cm3)		2.00	2.09	2.16					
C.B.R. a 0.1"		25.36	35.76	48.86					
C.B.R. a 0.2"		33.75	46.17	63.97					
DENSIDAD MAXIMA (PROCTOR)		2.167 Gr/cm ³							
95 % DE LA DENSIDAD MAXIMA		2.059 Gr/cm ³							



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

Fotografía 48. Ensayo de California Bearing Ratio + Cloruro de Sodio al 10%.

ENSAYOS DE LABORATORIO DE CLORURO DE SODIO AL 15%

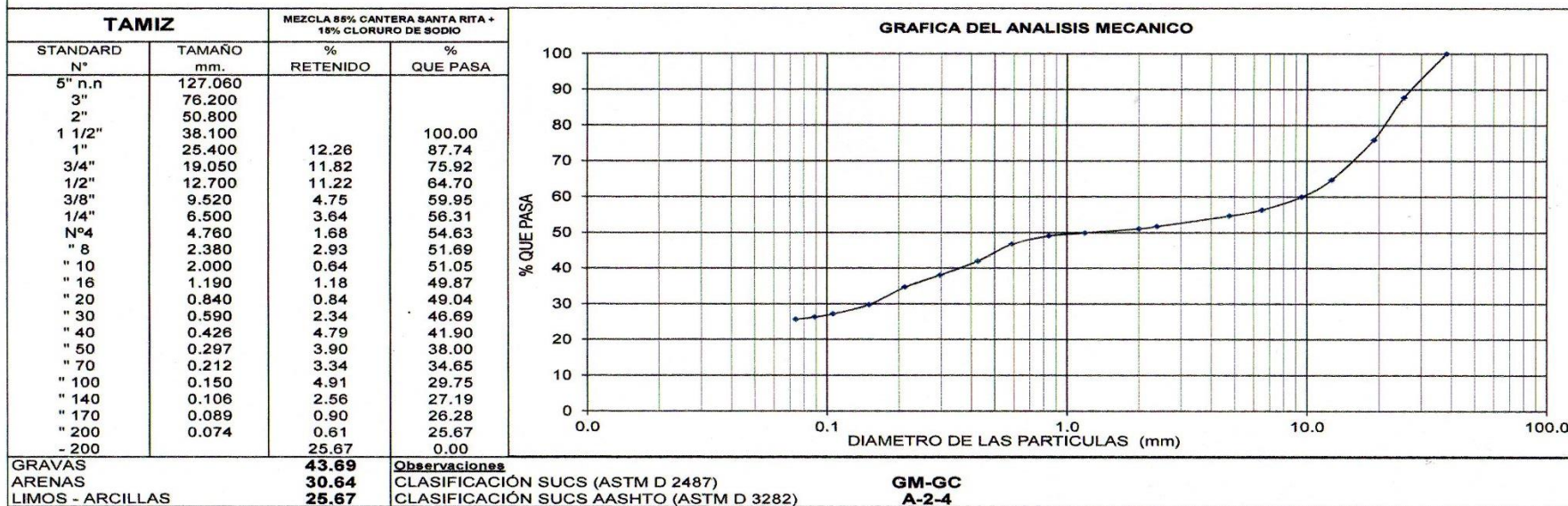


UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
CENTRO DE ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE MECANICA DE SUELOS



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E107-ASTM D422)

TESISTA	:	BR. ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	MEZCLA 85% CANTERA SANTA RITA + 15% CLORURO DE SODIO
FECHA	:	PIURA, DICIEMBRE DEL 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
JEFE

Fotografía 49. Análisis Granulométrico por Tamizado + Cloruro de Sodio al 15%.

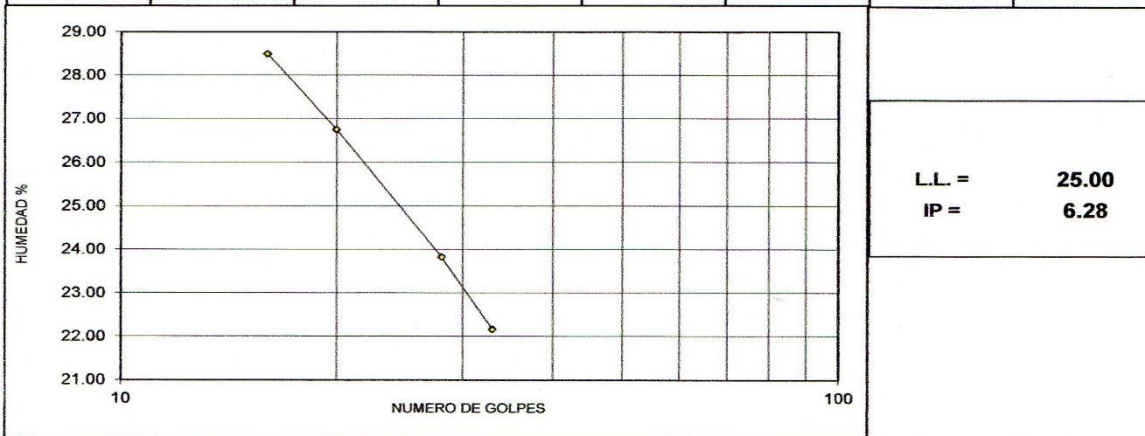


LIMITES DE ATTERBERG

TESISTA	:	BR. ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	MEZCLA 85% CANTERA SANTA RITA + 15% CLORURO DE SODIO
FECHA	:	PIURA, DICIEMBRE DEL 2018

1.- LIMITE LIQUIDO		MTC E 110					
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
16	3B	62.45	57.50	4.96	40.10	17.40	28.49
20	2A	58.11	54.50	3.61	41.00	13.50	26.74
28	5A	54.33	51.40	2.93	39.10	12.30	23.82
33	1A	51.35	49.20	2.15	39.50	9.71	22.15

2.- LIMITE PLASTICO							
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO %
2B	54.96	52.30	2.66	38.10	14.20	18.73	18.72
1B	54.70	52.10	2.60	38.20	13.90	18.71	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos y Mecánica de Suelos
 Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

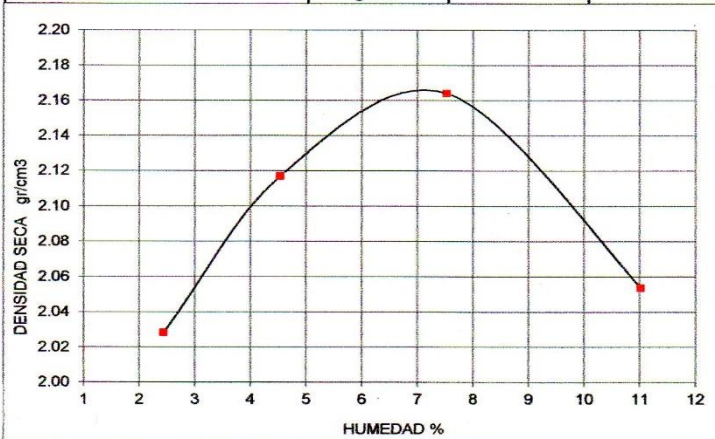
Fotografía 50. Límites de Atterberg + Cloruro de Sodio al 15%.



PRUEBA DE COMPACTACION
PROCTOR MODIFICADO (MTC E115 - ASTM D1557)

TESISTA	:	BR. ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	MEZCLA 85% CANTERA SANTA RITA + 15% CLORURO DE SODIO
FECHA	:	PIURA, DICIEMBRE DEL 2018

DENSIDAD	UNIDADES	1	2	3	4
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	7058.0	7320.0	7590.0	7490.00
2- Peso Molde	gr.	2627.0	2600.0	2627.0	2627.0
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	4431.0	4720.0	4963.0	4863.0
4- Volumen Molde	cm ³	2132.7	2132.7	2132.7	2132.7
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm ³	2.08	2.21	2.33	2.28
HUMEDAD	UNIDADES	1	2	3	4
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	107.00	139.00	138.22	168.00
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	105.20	134.20	130.50	154.20
8- Peso Tara	gr.	31.50	28.50	28.00	29.00
9- Peso Agua (6-7)	gr.	1.80	4.80	7.72	13.80
10- Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	73.70	105.70	102.50	125.20
11- Humedad % (9/10)x100	%	2.44	4.54	7.53	11.02
12- Densidad Seca :	gr/cm ³	2.03	2.12	2.164	2.05



MUESTRA:	
MOLDE N°	4
N° CAPAS	5
PESO MARTILLO	10 lb
ALTURA DE CAIDA	18 Pulg.
N° GOLPES x CAPA	56
DENSIDAD MAXIMA	2.164 Gr/cm³
HUMEDAD OPTIMA	7.50 %



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos
 Dr. Ing. **Nicolito Tume Chapá**
 JEFE

Fotografía 51. Prueba de Compactación + Cloruro de Sodio al 15%.



ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO

TESISTA	:	BR. ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	MEZCLA 85% CANTERA SANTA RITA + 15% CLORURO DE SODIO
FECHA	:	PIURA, DICIEMBRE DEL 2018

PENETRACION	MOLDE No 12 GOLPES			MOLDE No 25 GOLPES			MOLDE No 56 GOLPES		
	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido
	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %
0.000	0.00	0.0		0.00	0		0.00	0.00	
0.025	18.00	107.4		27.00	149		35.00	185.10	
0.050	40.00	207.9		55.00	276		75.00	367.82	
0.075	59.00	294.7		80.00	391		108.00	518.57	
0.100	75.00	367.8	27.04	99.00	477	35.09	132.00	628.20	46.17
0.125	80.00	390.7		111.00	532		150.00	710.42	
0.150	86.00	418.1		118.00	564		162.00	765.23	
0.175	88.00	427.2		123.00	587		170.00	801.78	
0.200	90.00	436.3	32.07	128.00	610	44.83	175.00	824.62	60.61
0.225	91.00	440.9		129.00	614		177.00	833.75	
0.250	92.00	445.5		130.00	619		178.00	838.32	-
0.300	93.00	450.0		131.00	624		179.00	842.89	

Golpes	12	25	56
Numero de capas	5	5	5
Humedad (%)	7.50	7.50	7.50
Peso del molde (gr)	4,075.00	4,226.00	4,125.00
P. molde + suelo hum. (gr)	8,860.00	9,320.00	9,330.00
Volumen del molde (cm ³)	2,234.00	2,269.00	2,240.00
Densidad hum. (gr/cm ³)	2.14	2.25	2.32
Densidad seca (gr/cm ³)	1.99	2.09	2.16
C.B.R. a 0.1"	27.04	35.09	46.17
C.B.R. a 0.2"	32.07	44.83	60.61
DENSIDAD MAXIMA (PROCTOR)	2.164 Gr/cm ³		
95% DENSIDAD MAXIMA	2.056 Gr/cm ³		

CALIFORNIA BEARING RATIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos
 Dr. Ing. Hipólito Tume Chapá
 JEFE

Fotografía 52. Ensayo de California Bearing Ratio + Cloruro de Sodio al 15%.

ENSAYOS DE LABORATORIO DE CLORURO DE SODIO AL 20%



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
CENTRO DE ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE MECANICA DE SUELOS



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E107-ASTM D422)

TESISTA	:	BR. ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	MEZCLA 80% CANTERA SANTA RITA + 20% CLORURO DE SODIO
FECHA	:	PIURA, DICIEMBRE DEL 2018

TAMIZ		MEZCLA 80% CANTERA SANTA RITA + 20% CLORURO DE SODIO	
STANDARD N°	TAMAÑO mm.	% RETENIDO	% QUE PASA
5" n.n	127.060		
3"	76.200		
2"	50.800		100.00
1 1/2"	38.100	5.40	94.60
1"	25.400	12.64	81.96
3/4"	19.050	5.61	76.35
1/2"	12.700	10.02	66.33
3/8"	9.520	4.35	61.98
1/4"	6.500	3.63	58.35
N°4	4.760	1.55	56.80
" 8	2.380	2.57	54.23
" 10	2.000	0.55	53.68
" 16	1.190	1.33	52.35
" 20	0.840	0.86	51.49
" 30	0.590	1.79	49.70
" 40	0.426	4.03	45.67
" 50	0.297	4.80	40.87
" 70	0.212	3.19	37.67
" 100	0.150	3.61	34.07
" 140	0.106	2.45	31.62
" 170	0.089	0.57	31.05
" 200	0.074	0.38	30.67
- 200		30.67	0.00
GRAVAS		41.65	Observaciones
ARENAS		27.69	CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D 2487)
LIMOS - ARCILLAS		30.67	CLASIFICACIÓN SUCS AASHTO (ASTM D 3282)

GRAFICA DEL ANALISIS MECANICO	
100	DIAMETRO DE LAS PARTICULAS (mm)
90	0.0
80	0.1
70	1.0
60	10.0
50	100.0
40	
30	
20	
10	
0	

GM-GC
A-2-4



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
JEFE

Fotografía 53. Análisis Granulométrico por Tamizado + Cloruro de Sodio al 20%.

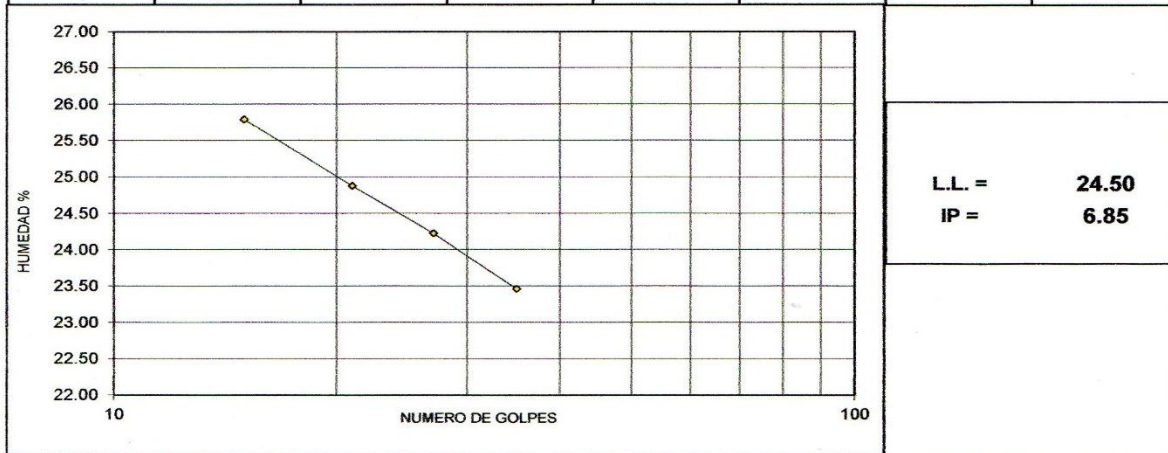


LIMITES DE ATTERBERG

TESISTA	:	BR. ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	MEZCLA 80% CANTERA SANTA RITA + 20% CLORURO DE SODIO
FECHA	:	PIURA, DICIEMBRE DEL 2018

1.- LIMITE LIQUIDO		MTC E 110					
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
15	1A	30.80	26.70	4.10	10.80	15.90	25.79
21	11	48.98	45.00	3.98	29.00	16.00	24.88
27	61	50.70	46.80	3.90	30.70	16.10	24.22
35	18	50.40	46.60	3.80	30.40	16.20	23.46

2.- LIMITE PLASTICO							
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO %
20	41.00	39.20	1.80	29.00	10.20	17.65	%
45	40.70	38.90	1.80	28.70	10.20	17.65	17.65



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

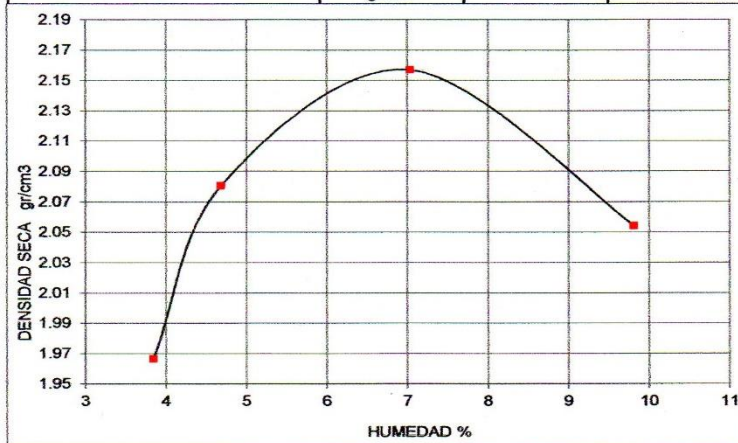
Fotografía 54. Límites de Atterberg + Cloruro de Sodio al 20%.



PRUEBA DE COMPACTACION
PROCTOR MODIFICADO (MTC E115 - ASTM D1557)

TESISTA	:	BR. ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	MEZCLA 80% CANTERA SANTA RITA + 20% CLORURO DE SODIO
FECHA	:	PIURA, DICIEMBRE DEL 2018

DENSIDAD	UNIDADES	1	2	3	4
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	6982.0	7272.0	7551.0	7438.00
2- Peso Molde	gr.	2627.0	2627.0	2627.0	2627.0
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	4355.0	4645.0	4924.0	4811.0
4- Volumen Molde	cm ³	2132.7	2132.7	2132.7	2132.7
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm ³	2.04	2.18	2.31	2.26
HUMEDAD	UNIDADES	1	2	3	4
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	100.15	140.05	120.30	154.20
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	97.55	135.10	114.35	143.30
8- Peso Tara	gr.	29.95	29.45	29.80	32.20
9- Peso Agua (6-7)	gr.	2.60	4.95	5.95	10.90
10- Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	67.60	105.65	84.55	111.10
11- Humedad % (9/10)x100	%	3.85	4.69	7.04	9.81
12- Densidad Seca :	gr/cm ³	1.97	2.08	2.157	2.05



MUESTRA:	4
MOLDE N°	5
N° CAPAS	5
PESO MARTILLO	10 lb
ALTURA DE CAIDA	18 Puig.
N° GOLPES x CAPA	56
DENSIDAD MAXIMA	2.157 Gr/cm ³
HUMEDAD OPTIMA	7.00 %



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapa
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapa
 JEFE

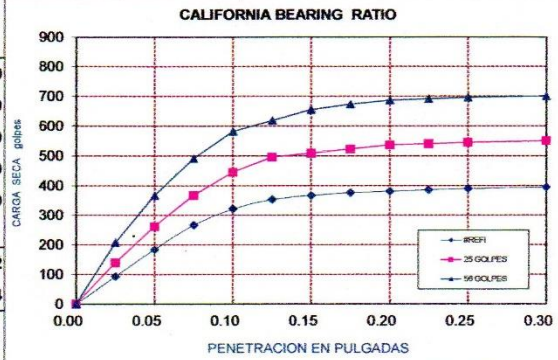
Fotografía 55. Prueba de Compactación + Cloruro de Sodio al 20%.



ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO

TESISTA	:	BR. ERICK MAY CHAVEZ BULNES
TESIS	:	COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA, DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA, 2018
MATERIAL	:	MEZCLA 80% CANTERA SANTA RITA + 20% CLORURO DE SODIO
FECHA	:	PIURA, DICIEMBRE DEL 2018

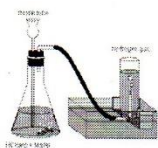
PENETRACION	12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES		
	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido	Sin corregir		Corregido
	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	C.B.R %
0.000	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.025	15.00	93.75		25.00	139.43		40.00	207.94	
0.050	35.00	185.10		52.00	262.76		75.00	367.82	
0.075	53.00	267.33		75.00	367.82		102.00	491.16	
0.100	65.00	322.14	23.68	92.00	445.48	32.74	122.00	582.52	42.82
0.125	72.00	354.12		103.00	495.73		130.00	619.06	
0.150	75.00	367.82		106.00	509.43		138.00	655.60	
0.175	77.00	376.96		109.00	523.13		142.00	673.88	
0.200	78.00	381.53	28.04	112.00	536.84	39.46	145.00	687.58	50.54
0.225	79.00	386.09		113.00	541.40		146.00	692.15	
0.250	80.00	390.66		114.00	545.97		147.00	696.72	
0.300	81.00	395.23		115.00	550.54		148.00	701.28	
Golpes		12	25	56					
Numero de capas		5	5	5					
Humedad (%)		7.00	7.00	7.00					
Peso del molde (gr)		4,075.00	4,326.00	4,125.00					
P. molde + suelo hum. (gr)		8,800.00	9,420.00	9,280.00					
Volumen del molde (cm ³)		2,234.00	2,269.00	2,240.00					
Densidad hum. (gr/cm ³)		2.12	2.25	2.30					
Densidad seca (gr/cm ³)		1.98	2.10	2.15					
C.B.R. a 0.1"		23.68	32.74	42.82					
C.B.R. a 0.2"		28.04	39.46	50.54					
DENSIDAD MAXIMA (PROCTOR)		2.157 Gr/cm³							
95% DENSIDAD MAXIMA		2.049 Gr/cm³							



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 Centro de Estudios Geológicos, Geotécnicos
 y Mecánica de Suelos
Hipólito Tume Chapá
Dr. Ing. Hipólito Tume Chapá
 JEFE

Fotografía 56. Ensayo de California Bearing Ratio + Cloruro de Sodio al 20%.

ENSAYOS QUIMICOS DEL CLORURO DE SODIO



Universidad Nacional de Piura

CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA



INFORME DE ANALISIS N°459- CP-D.A.I.Q.-UNP

MUESTRA : SAL COMUN
PROCEDENCIA : PIURA
TESIS - TITULO : COMPARACION DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE SODIO COMO ESTABILIZANTE QUIMICO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA VIA A LA CANTERA SANTA RITA - DISTRITO DE PARIÑAS - TALARA - PIURA.
SOLICITANTE : BR. ERICK MAY CHAVEZ BULNES
ASESOR : MS DIOMEDES MARCOS MARTIN OYOLA ZAPATA.
FECHA RECEP : PIURA, 03 DICIEMBRE DE 2018

RESULTADOS

DETERMINACION	
CLORURO DE SODIO (Na Cl ⁻ %)	98.45
SULFATOS (SO ₄ ⁼ %)	0.54
CALCIO (Ca ⁺⁺ %)	0.00
CARBONATOS (Ca CO ₃ %)	0.00
INSOLUBLES (%)	0.30

PIURA, 06 DICIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

Ing. Hernán Bedón Fernández
PRESIDENTE
DIRECTORIO CENTRO PRODUCTIVO
DE BIENES Y SERVICIOS D.A.I.Q.



Fotografía 57. Ensayos Químicos del Cloruro de Sodio.

**ANEXO 05: EXPLORACION DE SUELO.
CALICATA I.**



Fotografía 58. Exploración de campo en la progresiva 0+250.



Fotografía 59. Exploración de Campo, excavación con Maquinaria JCB.



Fotografía 60. Exploración de Campo. Calicata 1.



Fotografía 61. Exploración de campo, profundidad de 1.50m.

CALICATA II.



Fotografía 62. Exploración de campo en la progresiva 0+500.



Fotografía 63. Exploración de campo, profundidad de 1.50m.

CALICATA III.



Fotografía 64. Exploración de campo en la progresiva 0+750.



Fotografía 65. Exploración de campo, profundidad de 1.50m.

CALICATA IV.



Fotografía 66. Exploración de campo en la progresiva 1+000.



Fotografía 67. Exploración de campo, profundidad de 1.50m.

ANEXO 06: ENSAYOS DEL LABORATORIO.



Fotografía 68. Cuarteo de Muestra.



Fotografía 69. Peso en balanza (gr.)



Fotografía 70. Utilización de Tamices para muestra.



Fotografía 71. Secado de Muestra.



Fotografía 72. Utilización de Cloruro de Magnesio Hexahidratado (Bischofita).



Fotografía 73. Abertura de Cloruro de Magnesio Hexahidratado (Bischofita).



Fotografía 74. Adición de Cloruro de Magnesio Hexahidratado (Bischofita) I.



Fotografía 75. Adición de Cloruro de Magnesio Hexahidratado (Bischofita) II.



Fotografía 76. Proporción de Mezcla con Cloruro de Magnesio Hexahidratado (Bischofita).



Fotografía 77. Ensayo de California Bearing Ratio con Cloruro de Magnesio Hexahidratado (Bischofita).

ANEXO 07: ENSAYO EN EL LABORATORIO QUIMICO.



Fotografía 78. Adición del Reactivo con el Cloruro de Magnesio Hexahidratado (Bischofita) I.



Fotografía 79. Adición del Reactivo con el Cloruro de Sodio I.



Fotografía 80. Adición del Reactivo con el Cloruro de Magnesio Hexahidratado (Bischofita) II.



Fotografía 81. Adición del Reactivo con el Cloruro de Sodio II.



Fotografía 82. Preparación de Mezcla en Matraz Kitasato I.



Fotografía 83. Preparación de Mezcla en Matraz Kitasato II.